موسوعة كهرباء القوي الموجزه من الألف الي الياء....

بسم الله نبدأ موسوعة هندسة الكهرباء لكل مهندسي هذا القسم ولكل من يريد أن يتعلم هذا الفرع الكبير من علوم الهندسه

الموضوع يختص بكل ما يتعلق بهندسة الكهرباء وقد تعمدت الايجاز حتي لا يصيب الملل القاريئ

الموضوع منقول من كتب ومراجع عدة وأسأل الله أن يفيد سائر المهندسين و غير المهندسين

هذا الموضوع حصريا للدي في دي فقط

الباب الأول
الكميات الكهربائيه الأساسيه

وحدات القياس الأسايه-:

Symbol الرمز	Unit وحدة القياس	Quantity الكمية
m	Meter متر	Length الطول
kg	Kilogram كيلوجرام	Mass الكتلة
A	Ampere أمبير	Current التيار
s	Second ثانية	Time الزمن
K	Kelvin كالفن	Temperature الحرارة
cd	Candle شمعة	Luminous Intensity شدة الإضاءة

تعتبر هذه هي الوحدات الاساسيه ويوجد بعض الوحدات الفرعيه من الوحدات الاساسيه كالقوة ووحدة قياسها هي النيوتن وهي تتكون من كيلوجرام لكل ثانيه تربيع أماالفدرة الكهربيه فتقاس بالوات ويتكون من

نيوتن متر لكل ثانيه.

وحدات القياس المرادفه لوحدات القياس-:

المضروب Power of ten	الرمز Symbol	محدد وحدة القياس Prefixes to the Units
$1*10^{-18}$	a	Atto آتو
$1*10^{-15}$	f	Femto فيمتو
$1*10^{-12}$	p	Pico بيكو
$1*10^{-9}$	n	Nano نانو
$1*10^{-6}$	μ	Micro ميكرو
$1*10^{-3}$	m	Milli ملي
$1*10^{-2}$	c	Centi سنتي
$1*10^{-1}$	d	Deci ديسي
$1*10^{1}$	da	Deka ديكا
$1*10^{2}$	h	Hecto هيكتو
$1*10^{3}$	k	Kilo كيلو
$1*10^{6}$	M	Mega ميجا
$1*10^{9}$	G	Giga جيجا
$1*10^{12}$	T	Tera تيرا

الكميات الكهربائيه الأساسيه-:

الكميات الكهربائيه الأساسيه هي الشحنه والتيار والفولت وأخيرا المقاومة الكهربائيه وسنبدأتباعا في سرد كلا منهم

1-الشحنه-:

ويرمز لها بالرمزQ وهي نوعان شحنه سالبه تمثل الكترون واخري موجبه تمثل البروتون

وحدة قياس الشحنه كولوم ويرمز له بالرمزC

2-التيار-:

يعتبر التيار الكهربي من أهم الوحدات الاساسه ويرمز له بالرمزI
وهو معدل مرور الشحنه الموجبه باتجاه ما بالنسبه للزمن تحت تأثير قوة ما (فرق الجهد)|

$$I=dQ\backslash dt$$

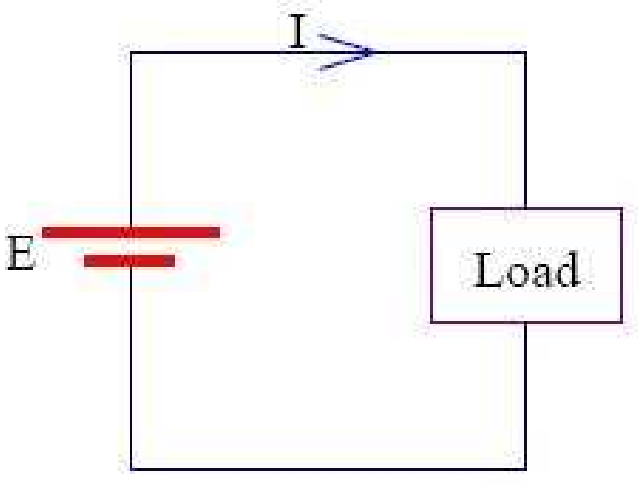
حيث:

I: هو التيار ويقاس بالامبيرA

Q: هو الشحنه ويقاس بالكولوم

t: هو الزمن ويقاس بالثانيه

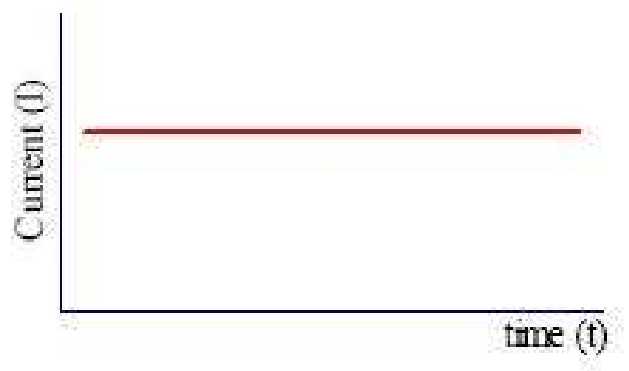
ولكي يمر تيار في دائرة كهربائيه فيتطلب ذلك وجود مصدر خارجي يحرك الالكترونات خلال الموصل بين نقطتين وينشأما يسمي بفرق الجهد بين هاتين النقطتين.



ويمكن التعبير عن مسار التيار الكهربي بأنه يسري من القطب الموجب الي القطب السالب لمصدر الجهد خارجيا لذلك فأن حركة التيار تكون من النقطه الأعلي جهدا الي نقطه اخري تكون اقل جهدا.

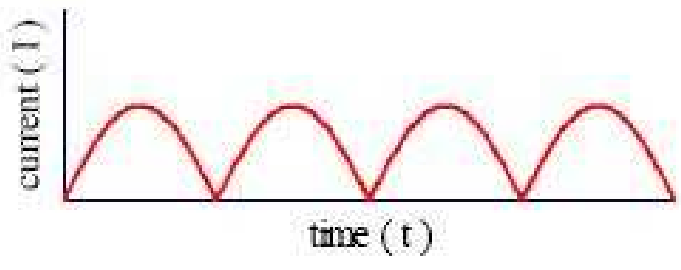
ويمكن القول بأت للتيار الكهربي أنواع مختلفه باختلاف شكل المصدر كما يلي-:

*التيار المستمر-:DC Current



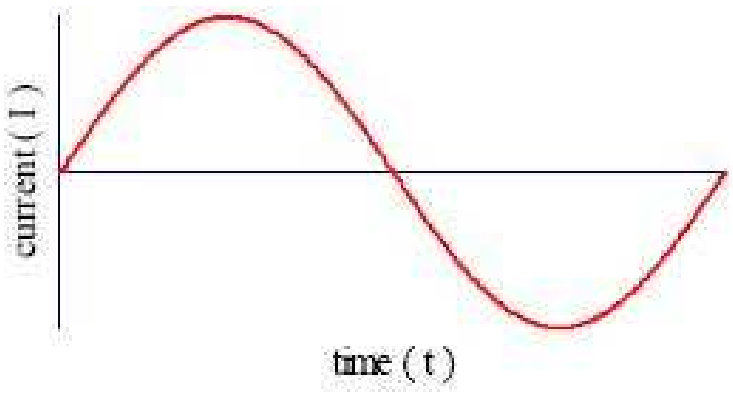
التيار المستمر ثابت القيمه ولا يغير اتجاهه بالنسبه للزمن كما هو مبين بالشكل

*تيار موضعي-:Pulsating Current



وهو تيار مستمر تتغير قيمته دوريا ولا يتغير اتجاهه كما هو مبين بالشكل

*تيار مستمرAC Current



وهو تيار متغير القيمه والتجاه دوريا مثل موجةsin wave

3-الجهد-:

يعرف الجهد بأنه الشغل اللزم لنفل وحدة الشحنات من نقطه لأخري
ويقاس بالفولتvolt

$$V=J/C=dW/dt$$

حيث أنه-:

v:الجهد

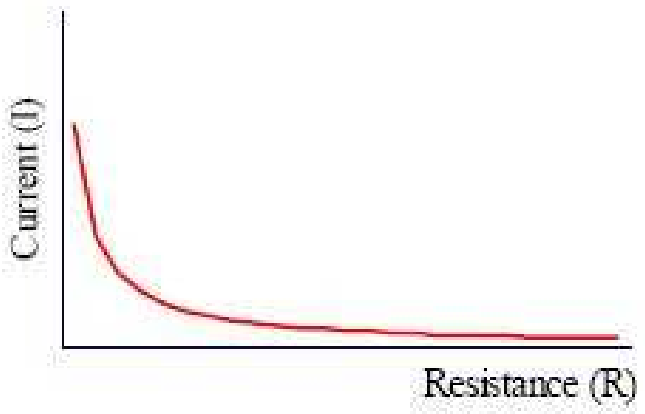
W:الشغل ويقاس بالجول

Q:الشحنه وتقاس بالكولوم

4-المقاومة-:

تعتبر المقاومه من العناصر الرئيسيه المكونه للدوائر الكهربيه حيث تعتمد عليها قيمة بقية العناصر الأخري مثل التار والقدرة.

والمقاومة هي النسبه بين الجهد والتيار وهذا التناسب اثبته العالم اوم وتتناسب عكسيا مع التيار اي انه كلما زاد التيار قلت قيمة المقاومة والعكس صحيح



مقاومة السلك الموصل-:

تعتمد مقاومة الموصلات علي التالي:

1-طول الموصل ويرمز له بالرمزL

2-مساحة المقطع ويرمز لهاA

3-نوع الماده(المقاومة النوعيه) ويرمز لها بسيجما

4-درجة الحرارة ويرمز لها بالرمزT

من هذه العوامل يمكن تحديد قيمة مقاومة الموصل-:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

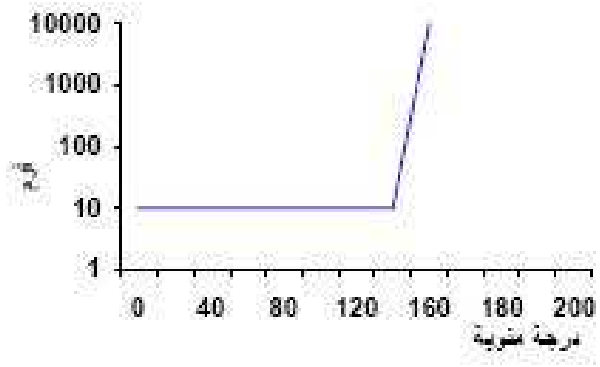
أنواع المقاومات-:

1-المقاومة الضوئيه-:

في هذا النوع نجد أنه قيمتها تقل عند تسليط الضوء عليها وتزيد عند حجب الضوء عنها وتصل قيمتها الي قيمه كبيرة جدا عندما يحجب الضوء عنها كليا

2-المقاومة الحراريه-:

تعتمد قيمة هذه المقاومة علي الحرارة حيث ان قيمتها تقل عند زيادة درجة الحرارة



3-المقاومات التي تعتمد قيمتها على الجهد-:

يرمز لهذه المقاومات بالرمزVDR
وهي التي تقل قيمتها بزيادة الجهد المطبق عليها.

4-المقاومة الخطيه-:

يوجد منها ثلاث انواع

أ-مقاومات السلك الملفوف:

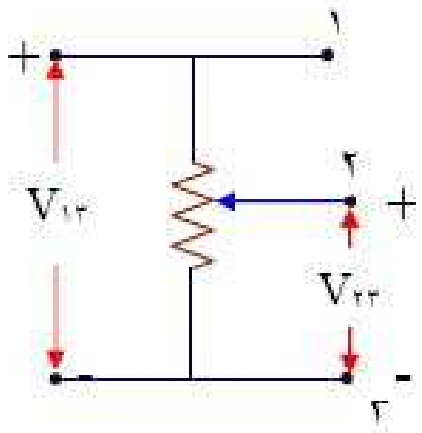
حيث يوجد منها قيم مختلفه

ب- المقاومات المتغيرة:

يمكن من خلال هذه المقاومات الحصول علي قيم مختلفه من المقاومات علي حسب وضع الطرف المنزلق لهذه المقاومات ويوجد نوعان منها

الأول:

مقاومات مجزيء الجهد:
من الممكن ان تستخدم كمجزيء للجهد ولها ثلاثة أطراف

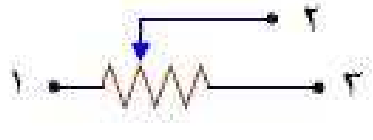


وأخيرا أن مدي التحكم في مثل هذه المقاومات قد يصل الي عدة ميجا أوم

الثاني:

ريوستات:

لها عدة خواص مثل ان مدي التحكم اقل مما هو عليه في النوع السابق ويصل الي عدة كيلو أوم وتستخدم غالبا كأداة تحكم دقيقه في نظم التحكم الصناعيه زكذلك للتحكم في قيمة التيار في التطبيقات الضغيرة



الثالث:

المقاومة الكربونيه:

يعتبر هذا النوع هو الاكثر انتشارا واستخداما ويرجع ذلك للمادة المستخدمه وهي الكربون ويمكن معرفة قيم المقاومات عن طريق شفرة الألوان أو قياسها بجهاز الاوميتر

الموصليه:

ويرمز لها بالرمزGوتقاس بالسيمنز والذي يكافيء امبير لكل فولت وهو مقلوب المقاومه

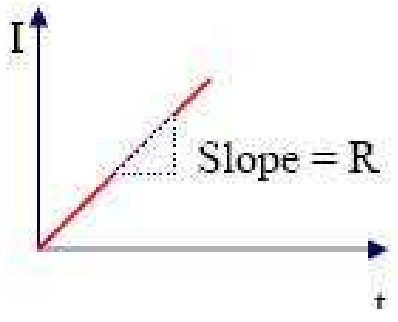
$$G=1/R$$

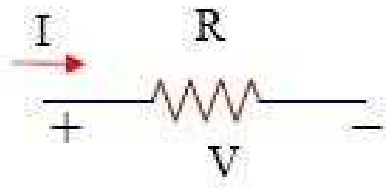
يتبع

الباب الثاني

قانون اوم

أثبت جورج سيمون اوم من خلال دراسته أن التيار الكهربي يتناسب طرديا مع الجهد المطبق علي الدائرة وأن العلاقه بين التيار والجهد في دائرة كهربيه هي علاقه خطيه كذلك فأن التيار يتناسب عكسيا مع قيمة المقاومة الكلية للدائرة كما بالشكل التالي





قانون اوم-:

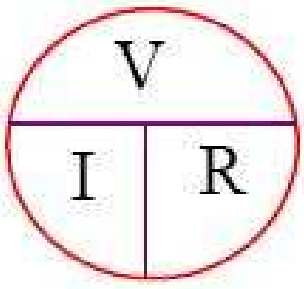
ينص قانون اوم علي ان التيار المار في مقاومة يتناسب مباشرة مع الجهد المطبق علي المقاومه ويتناسب عكسيا مع قيمة المقاومة.

الصيغه الرياضيه-:

I=V/R

V=IR

R=V/I



الخلاصه-:

!Error

١. يمكن تطبيق قانون أوم في جزء من الدائرة أو الدائرة ككل.

٢. إن التيار Current يتناسب عكسيا مع المقاومة، طرديا مع الجهد، والعلاقة بينهما خطية، حيث أن: $I = \frac{V}{R}$.

٣. هبوط الجهد يساوي حاصل ضرب قيمة التيار و المقاومة، كما يلي:

$$V = I * R$$

٤. عند تطبيق قانون أوم على الدائرة ككل يجب حساب قيمة التيار الكلي I_T المار في الدائرة وأيضا المقاومة الكلية للدائرة R_T ، وكذلك يكون تعاملنا مع قيمة جهد المصدر للدائرة.

٥. عند تطبيق قانون أوم في جزء من الدائرة يجب أن يكون تعاملنا فقط مع التيار وكذلك المقاومة ذات الصلة.

القدرة والطاقه

أوجد قانون اوم العلاقه بين العناصر الثالثه في الدائرة الكهربيه من هنا نجد أن وجود هذه العناصر أوجد كميه رابعه أخري تسمي القدرةPowerوسوف ندرس في هذا الفصل العلاقه بين القدرة وكل من الجهد والتيار والمقاومة.

القدرة-:Power

هي الشغل المبذول بالنسبه للزمن ووحدتها الواتWattويرمز لها بالرمزP
ويمكن تعريفها بصورة أخري بأنها معدل الطاقه المستخدمه بالنسبه للزمن

$$Power=Energy/time$$
$$P=E/t$$

حيث-:
P:هي القدرة بالوات
E:هي الطاقه بالجول
t:الزمن بالثانيه

ملاحظه:يعرف الشغل المبذول مقداره واحد جول لفترة ثانيه واحده
Watt=Joule/second

!

ملاحظة Note:

للتعبير عن وحدات القياس للكميات الكهربائية:

- إذا كانت الكمية الكهربائية صغيرة فيفضل التعبير عنها بالوحدات الصغيرة.
- إذا كانت الكمية الكهربائية كبيرة فيفضل التعبير عنها بالوحدات المناسبة لها.
- للتحويل من الوحدات الصغيرة إلى الوحدات الكبيرة، نقسم على الوحدة المراد التحويل إليها.
- للتحويل من الوحدات الكبيرة إلى الوحدات الصغيرة، نضرب في الوحدة المراد التحويل إليها.

القدرة في الدائرة الكهربيه-:

هناك صزرا مختلفه للقدرة في الدائرة الكهربيه وذلك بسبب الصور المختلفه لقانون اوم ويمكن تمثيل الصورة الاساسيه للقدرة في العلاقه التاليه:

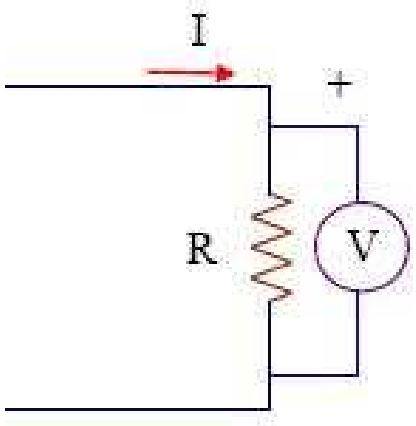
$$P=VI$$

حيث:

P: القدرة بالوات

V: الجهد بالفولت

I: التيار بالامبير



احدي صور القدرة المختلفه يمكن الحصول عليها بتعويض قانون اوم للجهد

$$V=IR$$

$$P = V.I = I.R.I = I^2.R$$

وهناك صورة اخرى للقدرة-:

$$P = V.I = V.\frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

الخلاصه-:

!Error

- الوات وحدة القدرة ويساوي وحدة الجول لكل ثانية، أي أن: $\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{second}}$.
- أقصى قدرة يمكن أن تتحملها المقاومة تمثل أقصى قدرة.
- المقاومة التي لها حجم أكبر يمكن أن تستهلك قدرة أكبر وتظهر في صورة حرارة عن المقاومة التي لها حجم صغير.
- يجب أن تكون القدرة التي تتحملها المقاومة أكبر من القيمة المتوقعة في الدائرة وحتى لا تحترق.
- إن القيمة العظمى للقدرة لا تتوقف على قيمة المقاومة.
- عند احتراق المقاومة في الدائرة فإنها تمثل دائرة مفتوحة open circuit.
- إن البطارية تمثل نوع من أنواع مصادر القدرة وتعمل على تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.
- تقاس سعة البطارية بالأمبير x ساعة Ampere. Hour.
- إن الوحدة أمبير x ساعة تمثل ١ أمبير لمدة ١ ساعة.

الباب الرابع

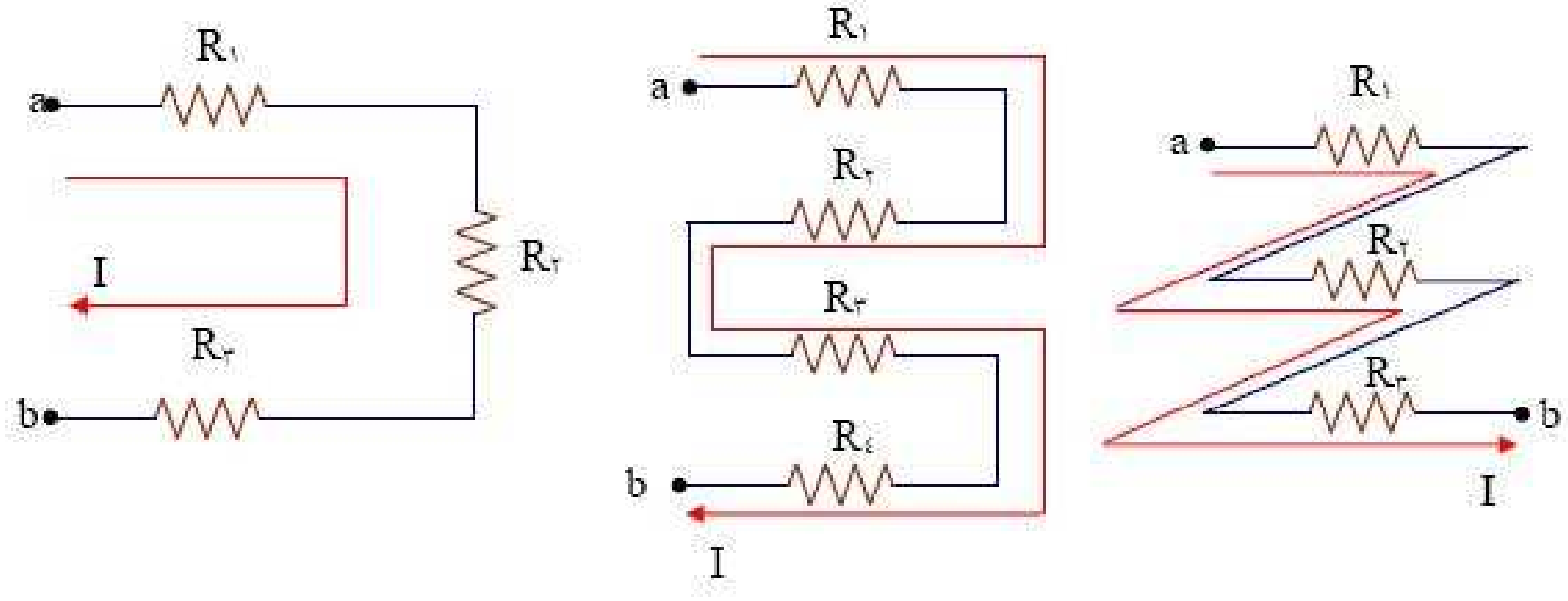
التوصيل على التوالى فى الدوائر الكهربيه

عندما يكون هناك عدد من المقاومات متصله بحيث تكون مسارا واحدا بمرور التيار وأن التيار ثابت في جميع المقاومات في هذه الحاله فقط تكون المقاومات متصله علي التوالي والشكل

التالي يوضح حالات مختلفه من التوصيل.
تذكر بأنه اذا كانت هناك قيمه واحده للتيار بين اي نقطتين تصبح جميع

المقاومات بين النقطتين موصله علي التوالي.

!Error



المقاومه الكليه:Total Resistance

المقاومه الكليه لعدد من المقاومات متصله علي التوالي هي عبارة عن مجموع المقاومات أي أن:

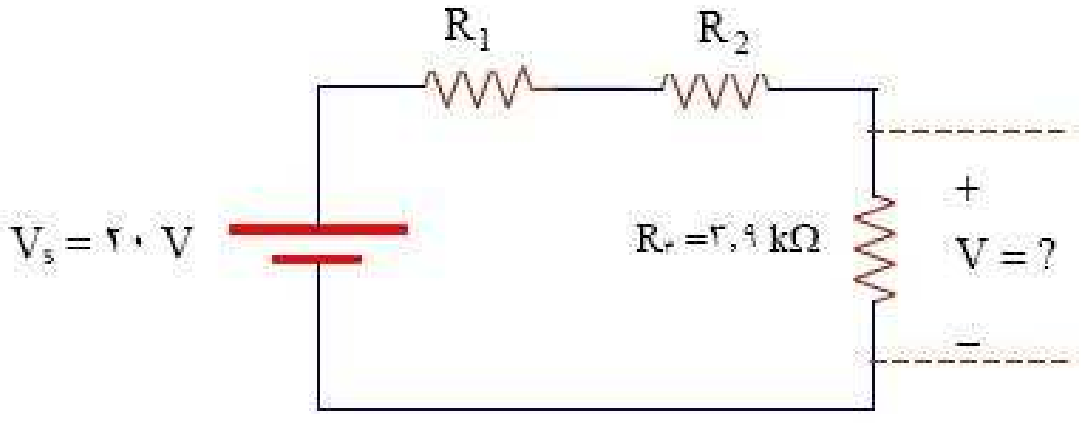
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n$$

تطبيق قانون اوم في دوائر التوالي-:

سوف نوضح كيفيه تطبيق قانون اوم سواء في اي جزء في الدائرة او التعامل مع الدائرة وذلك من خلال تطبيق بعض الامثله:

!Error

المقاومة الكلية لثلاث مقاومات متصلة على التوالي في دائرة كهربائية تساوي 12.6 kΩ ، ما هي قيمة هبوط الجهد Voltage Drop على المقاومة 3.9 kΩ في الدائرة التالية:



!Error

الحل

في الدائرة السابقة نجد أن كل من المقاومات R_1، R_2 مجهولة القيمة، نوجد أولاً قيمة التيار I بدلالة كل من قيمة جهد المصدر وكذلك المقاومة الكلية كما يلي:

$$I = \frac{V_S}{R_T} = \frac{20}{12.6*10^3} = 1.59mA$$

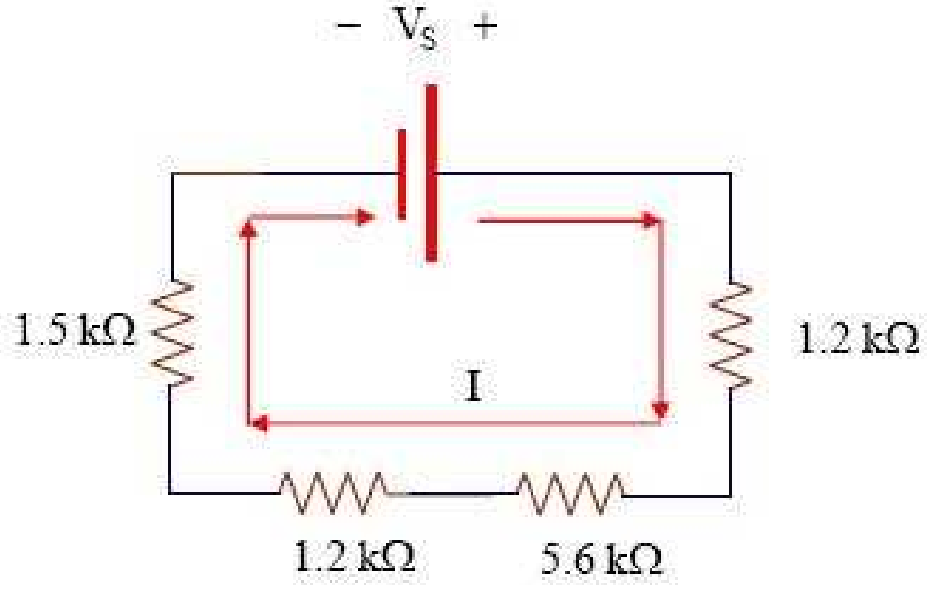
$$V = I*R_3 = 1.59*10^{-3}*3.9*10^3 = 6.19V$$

∴ قيمة هبوط الجهد على المقاومة R_3 يساوي ٦.١٩ V

ومثال اخر:

!Error

قيمة التيار المار في الدائرة التالية يساوي 1mA ، ما هي قيمة مصدر تغذية الجهد V_S ؟



!Error

لحساب قيمة مصدر الجهد V_S ، أولاً نوجد قيمة المقاومة الكلية R_T

$$R_T = 1.2 + 5.6 + 1.2 + 1.5 = 9.5k\Omega$$

$$\therefore R_T = 9.5k\Omega$$

وباستخدام قانون أوم لإيجاد V_S

$$V_S = IR_T = (1mA)\cdot(9.5k\Omega) = 1*10^{-3}*9.5*10^3$$

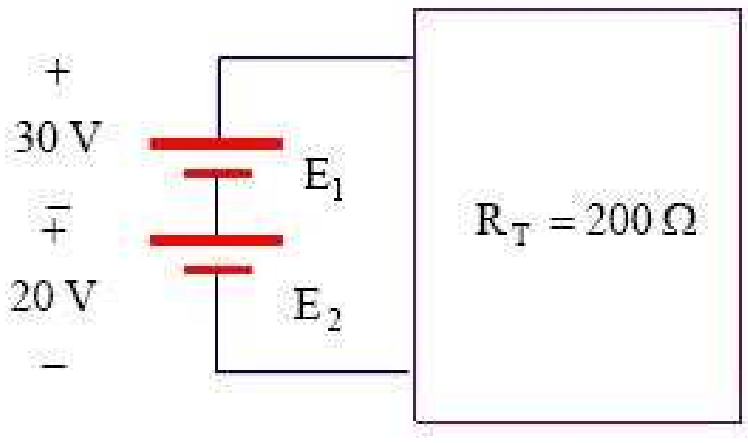
$$\therefore V_S = 9.5V$$

مصادر الجهد على التوالى-:

عندما يكون موجودا في الدائرة الكهربيه اكثر من مصدر جهد واذا كان الجهد الكلي الناتج عبارة عن مجموع مصادر الجهد في هذه الحاله يكون توصيل هذه المصادر علي التوالي.
توصيل مصادر الجهد علي التوالي بأن يكون الطرف الموجب للمصدر الاول متصل مع الطرف السالب للمصدر الثاني الذي يليه ثم الطرف الموجب للمصدر الثاني يكون متصلا مع الطرف السالب الذي يليه وهكذا
وكمثال انظر الشكل التالي

!Error

في الدائرة التالية: إذا كان E_1، E_2 مصدران للجهد موصلان على التوالي، احسب التيار المار في المقاومة R_T.



!Error

حيث أن توصيل مصادر الجهد E_1، E_2 على التوالي، بالتالي يصبح قيمة المصدر الكلي عبارة عن مجموع المصدرين:

$$E_T = E_1 + E_2$$

$$E_T = 30 + 20 = 50V$$

بتطبيق قانون أوم ينتج أن:

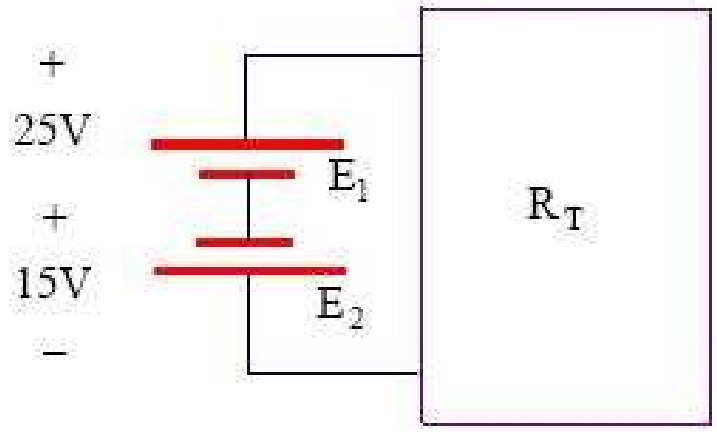
$$\therefore I = \frac{E_T}{R_T} = \frac{50}{200} = 0.25A$$

$$\therefore I = 0.25A$$

في بعض الاحيان تكون المصادر متصله بطريقه عكسيه مثل هذا الترتيب يكون القطب الموجب للمصدر الاول متصلا مع القطب الموجب للمصدر الثاني او القطب السالب للاول يكون متصلا بالقطب السالب للمصدر الثاني وهكذا ويتضح هذا في المثال التالي:

!Error

ما هي قيمة مصدر الجهد الكلي في الشكل التالي ؟



!Error

الحل

نجد أن المصدرين E_1، E_2 متصلاًن بطريقة عكسية أي أن القطب السالب للمصدر الأول متصل بالقطب السالب للمصدر الثاني، وإذا فرضنا أن اتجاه التيار الناتج من المصدر الأول من + إلى – في اتجاه عقارب الساعة. على العكس نجد أن التيار الناتج من المصدر الثاني يمر بعكس اتجاه حركة التيار الخارج من المصدر الأول. يكون الجهد الناتج عن المصدرين:

$$E = E_1 - E_2$$
$$E = 25 - 15 = 10\ V$$

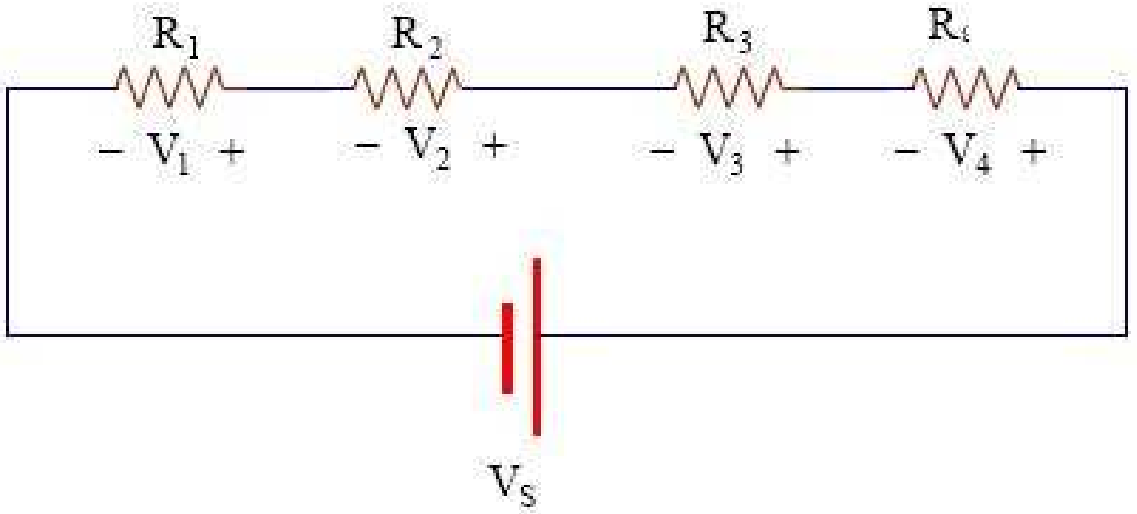
قانون كيرشوف-:

يعتبر قانون كيرشوف من القوانين الرئيسيه للدائره الكهربيه وهو ينص

علي أن المجموع الجبري للجهود في اي دائرة او مسار مغلق يساوي صفرا.
في اي مسار مغلق يكون جهد المصدر يساوي الVoltage Dropعلي مقاومات المسار المتواليه

يعرف الVoltage dropبأنه الجهد المطبق علي المقاومات ونتيجه مرور التيار في المقاومات فأنه ينشأ جهد معاكس في القطبيه بالنسبه لاتجاه المصدر الرئيسي للدائرة وبالتالي فانه يعمل علي هبوط جهد المصدر الي الصفر وهذا ما حققه كيرشوف والشكل التالي يوضح قطبية كل من المصدر والجهد الناشيء علي المقاومات

!Error



!Error

$$v_s = v_1 + v_2 + v_3 + v_4$$

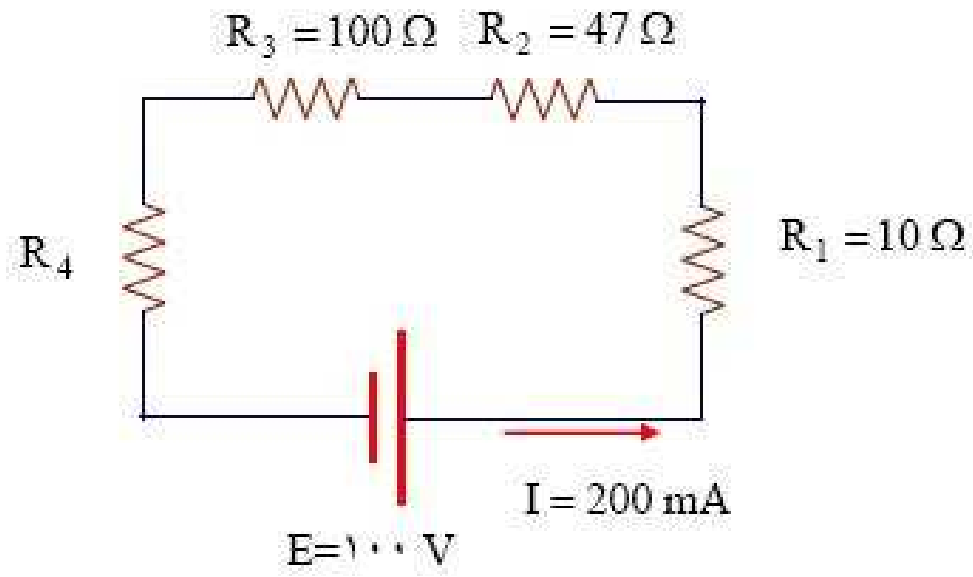
إذن نجد من تطبيق قانون كيرشوف للجهد أن مجموع الجهود Voltage Drops في دائرة مغلقة يساوي قيمة مصدر الجهد.

$$v_s = v_1 + v_2 + v_3 + \ldots\ldots\ldots$$

مثال-:

!Error

في الشكل التالي، قيمة التيار المار في المقاومات الأربع المتصلة على التوالي I = 200mA ، وإذا علمت قيم كل المقاومات R_1 ، R_2 ، R_3 فأوجد قيمة R_4 ؟



!Error

في هذه الدائرة سوف نستخدم كل من قانون أوم Ohm's Law وكذلك قانون كيرشوف للجهد Kirchhoff's Voltage Law.

أولاً قانون أوم لإيجاد قيمة هبوط الجهد على كل مقاومة Voltage Drops

$$V_1 = IR_1 = 200 * 10^{-3} * 10 = 2V$$

$$V_2 = IR_2 = 200 * 10^{-3} * 47 = 9.4V$$

$$V_3 = IR_3 = 200 * 10^{-3} * 100 = 20V$$

لإيجاد قيمة v_4 (الجهد على المقاومة R_4) نطبق قانون كيرشوف للجهد أي أن:

$$v_s - (v_1 + v_2 + v_3 + v_4) = 0$$

$$100 - 2 - 9.4 - 20 - v_4 = 0$$

$$68.6 - v_4 = 0$$

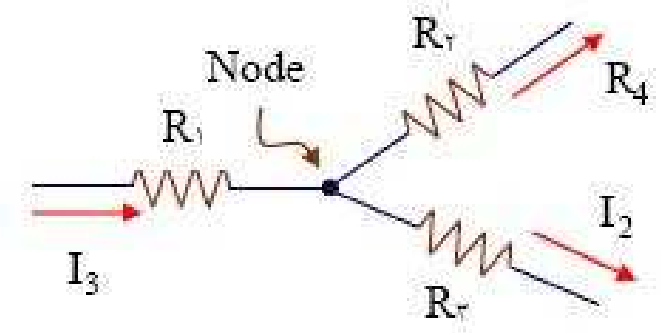
$$\therefore v_4 = 68.6V$$

قانون كيرشوف للتيار-:

ينص قانون كيرشوف للتيار علي الآتي:
عند اي عقدةNodeفي الدائرة الكهربيه فان مجموع التيارات الكهربيه

الداخله الي العقده تساوي مجموع التيارات الكهربيه الخارجه منها.

Node:هي نقطة تجميع لأكثر من فرعين والشكل التالي يوضح ذلك:



بتطبيق قانون كيرشوف للتيارKCL نجد أن:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

!Error

بتطبيق قانون كيرشوف للتيار نجد أن:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

ويمكن التعبير عن قانون كيرشوف للتيار KCL بالنص الآتي:

" المجموع الجبري للتيارات الكهربائية عند أي Node في الدائرة الكهربائية يساوي صفراً "

وإذا طبقنا هذه الصورة في الشكل السابق نجد أن:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

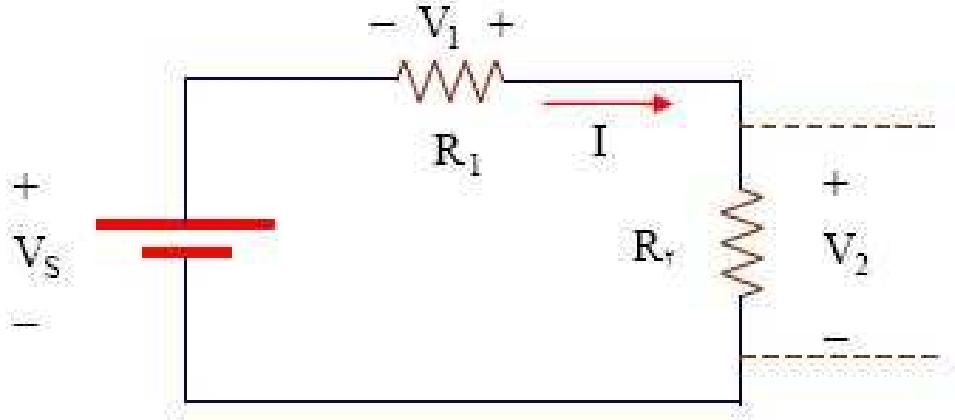
قانون كيرشوف للتيار KCL يطبق دائماً في دوائر التوازي أي الدوائر التي تشتمل على مقاومات متصلة على التوازي، وكنتيجة لتوازي المقاومات فينشأ نقاط التفرع Nods وتوزيع التيار لذلك يمكن استخدام قانون كيرشوف KCL لإيجاد التيارات في الفروع المختلفة في دوائر التوازي. وسوف نتناول ذلك في الوحدة القادمة.

يتـــــــــبع

تابع الباب الرابع

مجزئ الجهد-:Voltage Divider

في دوائر التوالي نجد ان جهد المصدر يتجزأ بين جميع المقاومات المتصله علي التوالي وبالتالي فيمكن القول بأن عمل دوائر التوالي يشبه عمل مجزءات الجهد الداخل للدائرة
والمثال التالي سيوضح باذن الله-:



في الدائرة توجد مقاومتان لذلك يوجد علي كل مقاومه قيمة من الجهد نتيجة مرور التيار في المقاومتين وبالتالي يصبح:

V1=IR1

V2=IR2

وحيث أن التيار ثابت في المقاومتين لذلك نجد ان كلا من V1,V2 يتناسب مع قيمةR1,R2لكي نتحقق من هذا اذا كانت قيمة

Vs=10V

R1=50

R2=100

!Error

$$R_T = 50 + 100 = 150\Omega$$

$$I = \frac{10\,V}{150\,\Omega} = \frac{1}{15}A$$

$$V_1 = IR_1 = \frac{1}{15} * 50 = \frac{1}{3} * 10\,V$$

$$\therefore V_1 = \frac{1}{3}(10)\,V$$

$$V_2 = IR_2 = \frac{1}{15} * 100 = \frac{1}{3}(20)\,V$$

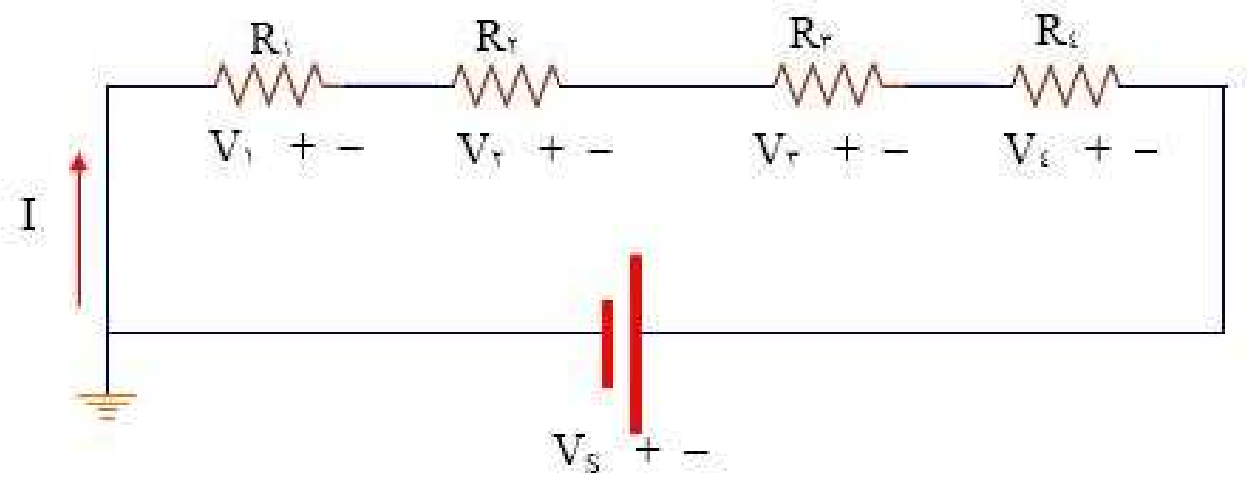
$$\therefore V_2 = \frac{2}{3}(10)\,V$$

لذلك نجد ان الجهد V1يمثل ثلث قيمة المصدر وكذلكV2 يمثل الثلثين
نستنتج ان الجهد علي مقاومات التوالي يتناسب مع قيمة المقاومات

الصيغه العامه لتوزيع الجهد-:

يمكننا استخدام المثال التالي-:

!Error



!Error

بفرض أن الجهد المطبق على أي مقاومة هو V_X حيث X تمثل رقم المقاومة، بتطبيق قانون أوم

$$V_X = IR_X$$

حيث أن: x تأخذ الأرقام ١، ٢، ٣، ٤

ويمكن إيجاد قيمة التيار في الدائرة كما يلي:

$$I = \frac{V_S}{R_T}$$

بالتعويض عن التيار I في المعادلة V_X نحصل على

$$V_X = \left(\frac{V_S}{R_T}\right)R_X$$

وبإعادة ترتيب المعادلة V_X نجد أن:

$$V_X = \left(\frac{R_X}{R_T}\right)V_S$$

للايضاح هناك مثال بسيط

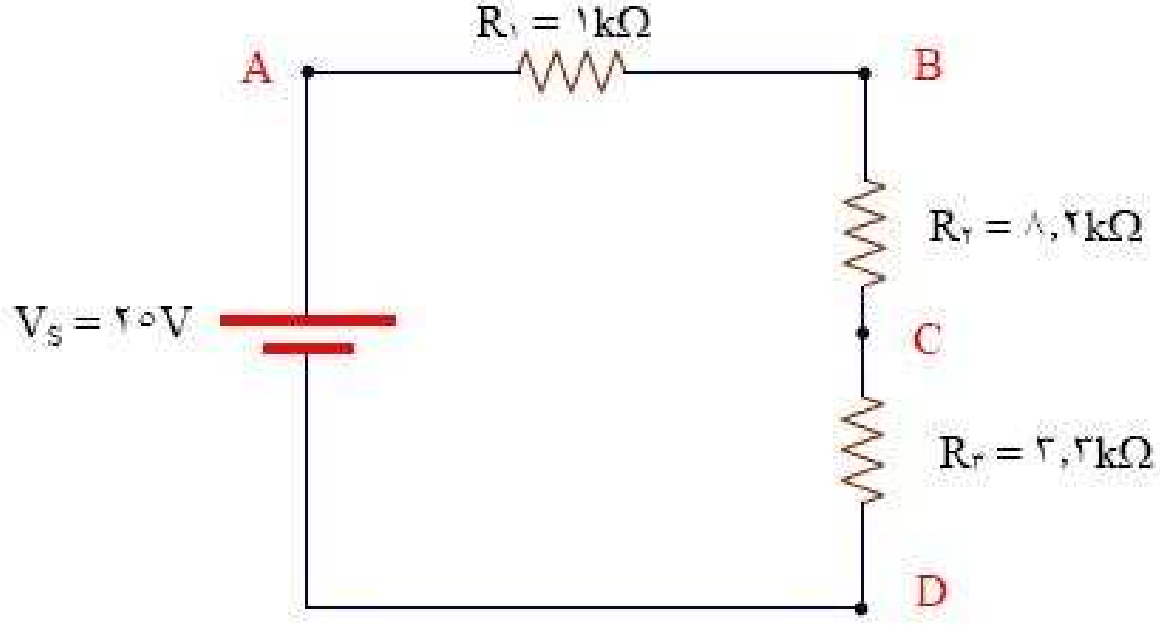
!Error

احسب الجهد بين النقاط التالية والموضحة في الشكل التالي:

A to B (a) A to C (b) B to C (c) B to D (d) C to D (e)

أو يمكن كتابة الجهد كالتالي:

V_{AB} (a) V_{AC} (b) V_{BC} (c) V_{BD} (d) V_{CD} (e)



!Error

الحل

إيجاد أولاً المقاومة الكلية R_T

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 1 + 8.2 + 3.3$$

$$R_T = 12.5K\Omega$$

ولتطبيق قانون التجزئ باستخدام مجزئ الجهد :

$$V_{AB} = \left(\frac{R_1}{R_T}\right)V_S$$

$$V_{AB} = \frac{1}{12.5} * 25 = 2V$$

$$\therefore V_{AB} = 2V$$

!Error

$$V_{AC} = \left(\frac{9.2}{12.5}\right) * 25 = 18.4V$$

$$\therefore V_{AC} = 18.4V$$

لإيجاد قيمة الجهد بين النقطتين C،B

$$V_{BC} = \left(\frac{R_2}{R_T}\right)V_S$$

$$V_{BC} = \left(\frac{8.2}{12.5}\right) * 25 = 16.4V$$

$$\therefore V_{BC} = 16.4V$$

$$V_{BD} = \left(\frac{8.2 + 3.3}{12.5}\right) * 25$$

$$V_{BD} = \left(\frac{11.5}{12.5}\right) * 25 = 23V$$

$$\therefore V_{BD} = 23V$$

وأخيراً نوجد V_{CD}

$$V_{CD} = \left(\frac{3.3}{\quad}\right) * 25 = 6.6$$

القدرة فى دوائر التوالى-:

القدرة المستهلكه في دوائر التوالي هي عبارة عن مجموع القدرات التي تستهلك في كل مقاومة وبالتالي تصبح:

$$P_T = P_1 + P_2 + ... + P_n$$

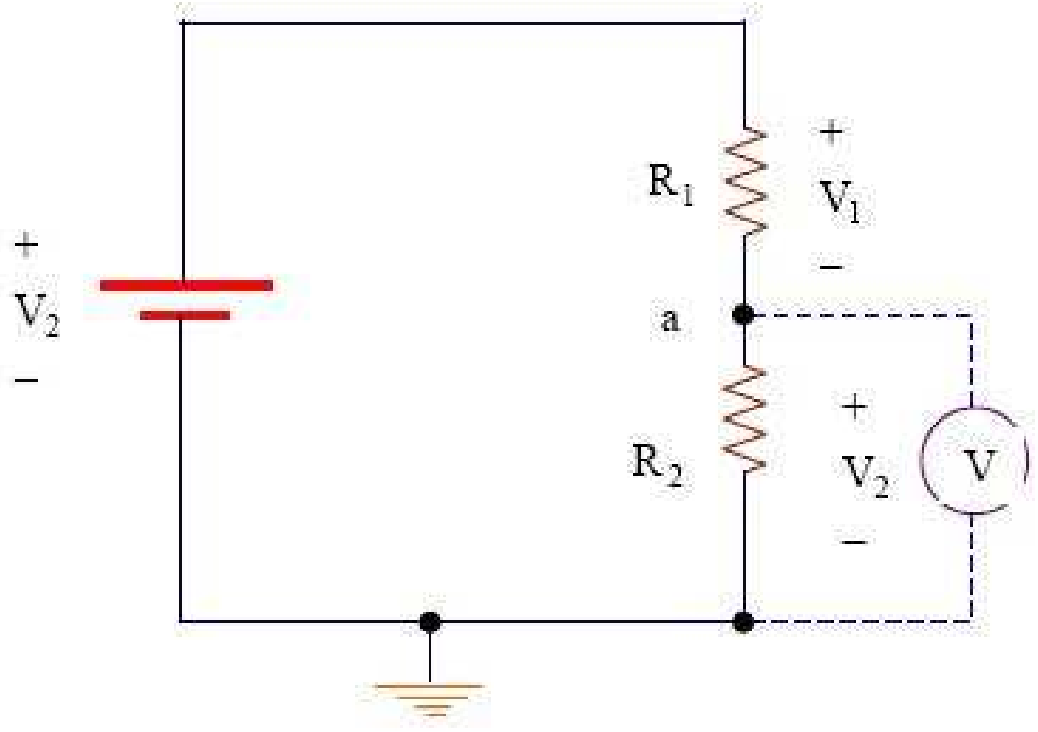
$$P_T = V_S I$$

$$P_T = I^2 R_T$$

$$P_T = \frac{V_S^2}{R_T}$$

قياس الجهد بالنسبه للأرضى-:

دائما عند قياس او قراءة الجهد يكون منسوب الي نقطه اخري(نقطه مرجعيه.(Reference Point
واذا تم توصيل هذه النقطه بالارض فانها تأخذ جهد الارض وتساوي صفرا.
وتأريض الدائرة يعني أن تكون هناك نقطه مشتركه لتوصيل الدائرة أو عناصر الدائرة تكون مشتركه في نقطه واحده وهي ماتسمي الارضيGroundاذا تم توصيلها بالارض كما مبين بالشكل



قياس الجهد يكون موجب عند النقطهa بالنسبه للارض

اكتشاف الاعطال-:

عندما نتحدث عن دوائر التوالي فانه من المهم ان نعرف اهم المشاكل فيما يلي:

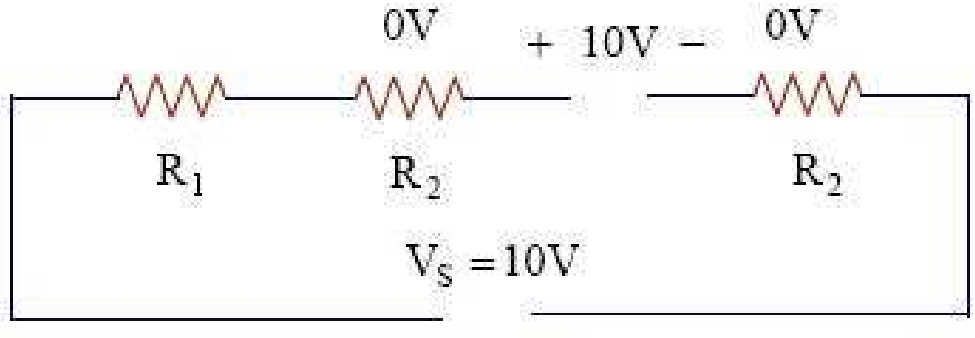
1-فتح الدائرةOpen Circuit

2-قصر الدائرةShort Circuit

وعندما نتكلم عن فتح الدائرة فيجب ان نعرف ماهو السبب فعلي سبيل المثال عندما تحترق مقاومة من مقاومات التوالي فان ذلك يؤدي الي خروج هذه المقاومه من الدائرة وتتسبب في فتح الدائرة ومعني ذلك ان التيار لا يمر في الدائرة نتيجة عدم وجود مسار مغلق وعند اختبار الدائرة واكتشاف العطل هناك ملاحظتان-1-:فرق الجهد علي كل مقاومة صالحه يساوي صفرا

2-عند فحص المقاومه المحترقه نجد ان الجهد علي الجزء الذي احدث عملية الفتح يساوي جهد المصدر

Error!



اما قصر الدائرة فيحدث عند تلامس موصلين او عنصرين مختلفين فينتج عنهما زيادة مفاجئه لقيمة التيار المار في الدائرة وتنتهي بحدوث مشكله نتيجه لارتفاع التيار.

هذه الظاهره معروفه وشائعه في الدوائر ذات الكثافه العاليه.

Error!

الخلاصة Summary

- التيار قيمته ثابتة في جميع أجزاء دائرة التوالي.
- أن المقاومات في حالة التوالي تضاف مع بعضها وأن المقاومة الكلية في دائرة التوالي تساوي مجموع المقاومات المتصلة على التوالي.
- قيمة مصدر الجهد يساوي مجموع انخفاض الجهد على جميع مقاومات التوالي KVL.
- أن مصادر التغذية يمكن أن تكون على التوالي وفي هذه الحالة يكون الجهد الكلي عبارة عن مجموع مصادر الجهد المتصلة على التوالي.
- مصادر التغذية يمكن أن تكون متصلة على التوالي ولكنها متعاكسة Series-Opposition ويكون الفرق بينهما هو الجهد الكلي للدائرة.
- أن قيمة هبوط الجهد Voltage Drops يكون إشارته في القطبية المصدر عكس قطبية المصدر.
- أن التيار يخرج من القطب الموجب للمصدر خلال التوصيل الخارجي إلى القطب السالب ويتحرك داخلياً أي داخل المصدر من خلال السالب إلى القطب الموجب.

Error!

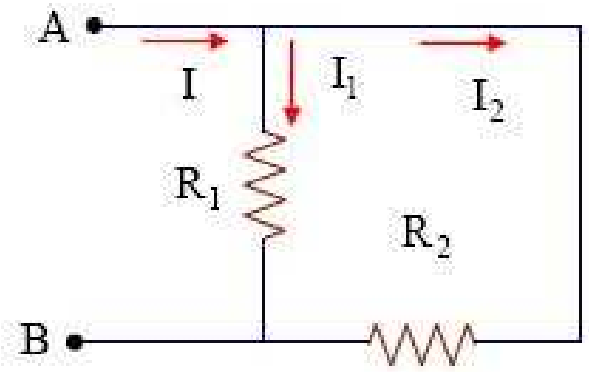
- أن مجزئ الجهد هو عبارة عن نظام متتال من المقاومات.
- أن الطاقة الكلية في دوائر التوالي هو عبارة عن مجموع الطاقات الجزئية لكل مقاومة.
- كل الجهود في الدائرة منسوب إلى الأرضي ما لم يذكر غير ذلك.
- أن الأرضي Ground يكون جهده يساوي صفر بالنسبة لجميع النقاط المنسوبة إليه في الدائرة.
- الأرضي السالب Negative Ground ينسب إلى جهد المصدر حينما يكون سالبه متصلا بالأرضي.
- الأرضي الموجب Positive Ground ينسب هذا المقطع عندما يكون القطب الموجب لمصدر الجهد متصلا بالأرضي.
- الجهد عبر الدائرة المفتوحة Open circuit أو الجهد عبر الجزء المفتوح في الدائرة يكون مساويا لجهد المصدر.

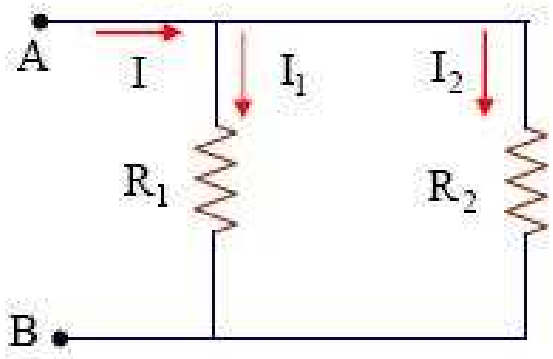
التوصيل علي التوازي في الدوائر الكهربيه

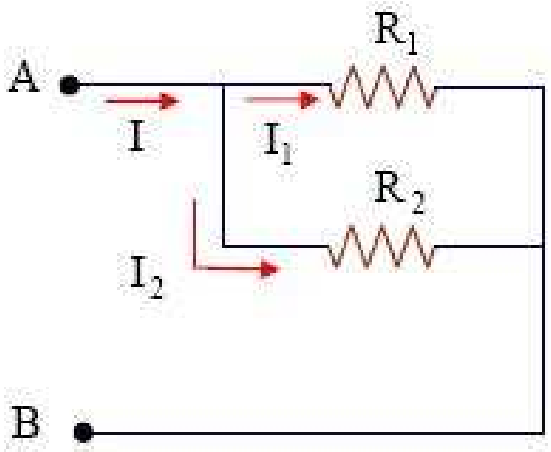
يعرف التوازي بأنه اذا كان هناك اكثر من فرع) مقاومه) بين نقطتين وكذلك ان الجهد بين النقطتين يكون مطبق علي جميع الافرع في هذه

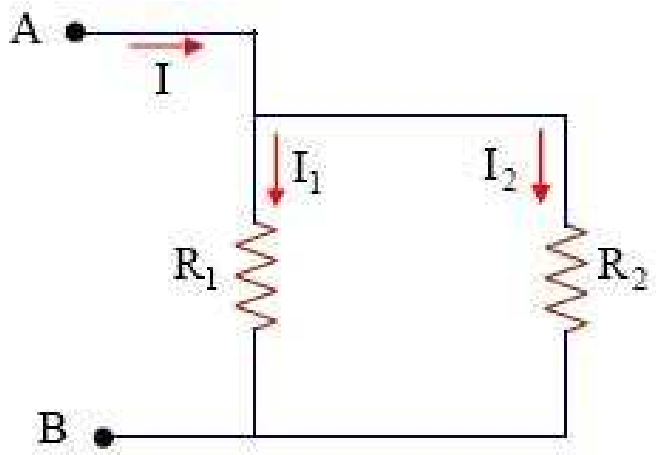
الحاله يكون جميع الافرع متصله علي التوازي او بمعني اخر تكون بدايات جميع المقاومات متصله مع بعضها في نقطه واحده وجميع نهايات هذه المقاومات تتصل في نقطه اخري وتوضح الدوائر اشكال مختلفه لهذا التوصيل

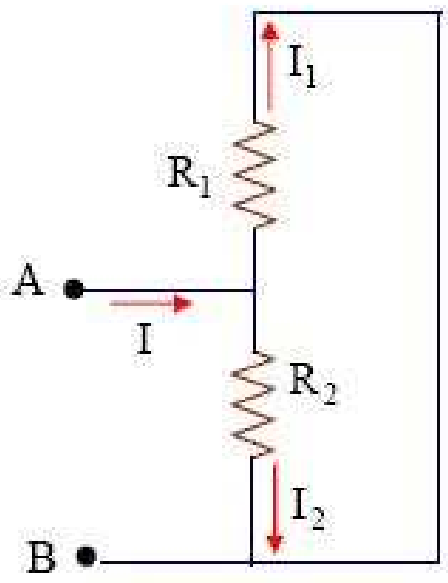
!Error

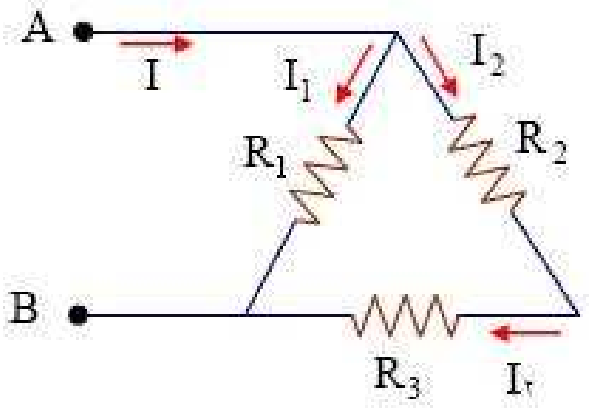












حساب الVoltage Drop في دوائر التوازى-:

لقياس انخفاض الجهد في دوائر التوازي نجد ان جميع المقاومات متصله علي التوازي تكون محصورة بين نقطتين وقياس الجهد بين النقطتين

يعني قياس الجهد علي اي مقاومه من المقاومات المتصله علي التوازي
ومن قياس الجهد نجد ان جميع المقاومات يكون لها نفس الجهد

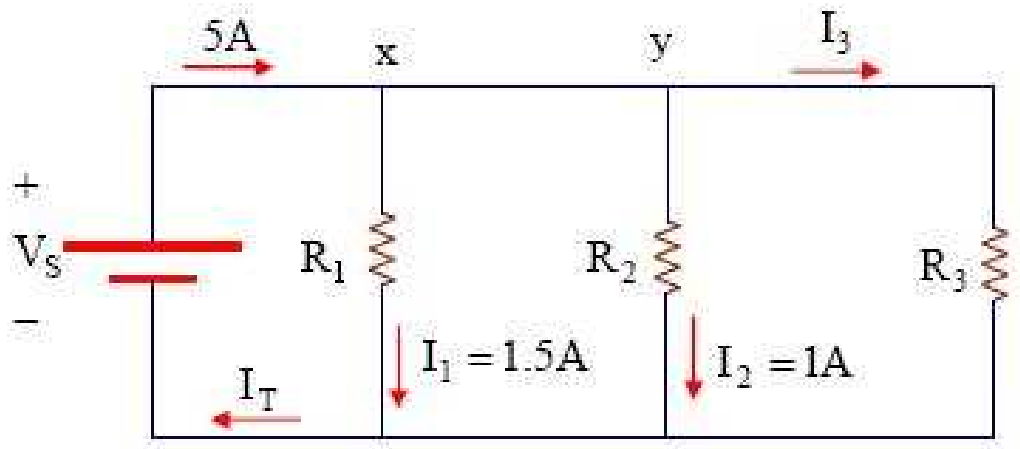
قانون كيرشوف للتيار-:

لقد سبق تقديم قانون كيرشوف للتيار في الفصل السابق وهو يطبق في
دوائر التوازي وينص علي انه عند اي عقدةNode يكون مجموع
التيارات الداخله للعقده يساوي مجموع التيارات الخارجه منها

مثال-:

!Error

استخدم قانون كيرشوف للتيار لإيجاد التيار في كل من الأميترات A_1, A_2 الموضح بالرسم التالي:



!Error

التيار الكلي الداخل عند النقطة x يساوي 5A وبتطبيق قانون كيرشوف نجد أن:

$$5A = 1.5A + I_{A1}$$

حيث أن: I_{A1} تعني قيمة التيار الذي يقيسه الأمتير A_1.

$$\therefore I_{A1} = 5 - 1.5 = 3.5A$$

من الرسم نجد أنه عند العقدة y فإن التيار الداخل فيها هو 3.5A.

$$\therefore 3.5A = 1A + I_{A2}$$

$$\therefore I_{A2} = 3.5 - 1 = 2.5A$$

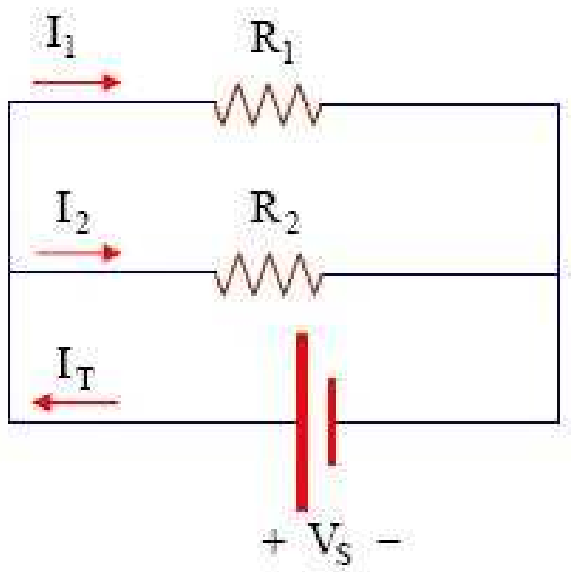
∴ قراءة الأميترات كالتالي:

$$I_{A1} = 3.5A$$

$$I_{A2} = 2.5A$$

المقاومه الكليه لعدد من المقاومات متصله على التوازي-:

المقاومه الكليه لمقاومتين متصلتين علي التوازي تكون اقل من اصغرهما وهذا يعني ان المقاومه المكافئه تقل دائما كلما يتزايد عدد المقاومات المتصله علي التوازي.



في هذا المثال اذا طبقنا قانون كيرشوف نجد ان:

$$I_T = I_1 + I_2$$

ثم بتطبيق قانون اوم للتعويض عت التيارات بدلاله الجهد

$$\frac{V_S}{R_T} = \frac{V_S}{R_1} + \frac{V_S}{R_2}$$

حيث ان الجهد ثابت وهو نفس قيمة جهد المصدر

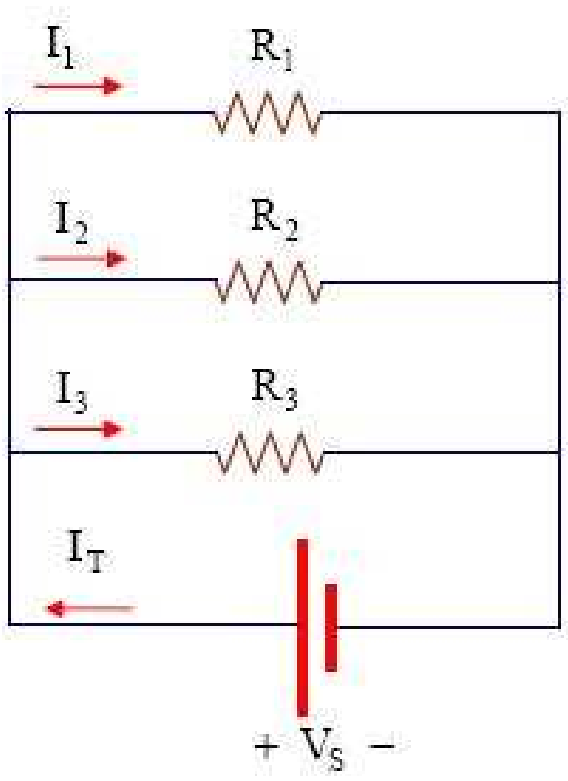
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

وهذه تسمي المعادله العامه لايجاد المقاومه المكافئه لمقاومتين واكثر من مقاومتين

$$\frac{1}{R_T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 * R_2}$$

$$R_T = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

ايجاد المقاومه المكافئه لثلاث مقاومات-:



بنفس خطوات الطريقه السابقه نستنتج ان

$$R_T = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$$

اي انه المقاومه المكافئه هي عبارة عن حاصل ضربهم مقسوما علي حاصل ضربهم مثني مثني

وبالتالي يمكننا ان نضع الصورة العامه للمقاومه الكليه لاي عدد من المقاومات-:

$$R_T = \frac{1}{(\frac{1}{R_1}) + (\frac{1}{R_2}) + (\frac{1}{R_3}) + \ldots + (\frac{1}{R_n})}$$

حالة تساوي المقاومات المتصله علي التوازي-:

عندما تكون المقاومات المتوازيه متساوية القيمه فالقيمه الكليه في هذه الحاله ستساوي-:

$$R_T = \frac{R}{n}$$

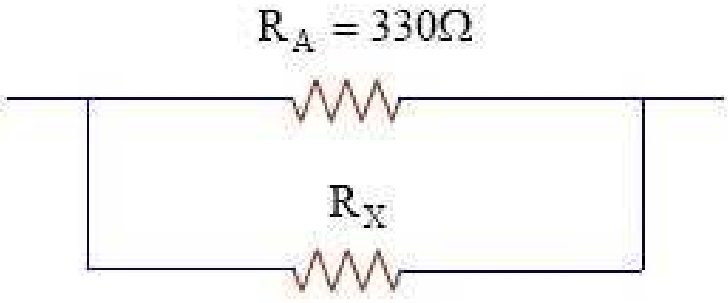
ايجاد مقاومه مجهوله في دوائر التوازي-:

قد يصادف احيانا وجود مقاومه غير معلومه القيمه في اي دائره كهربيه وبالتالي فمن الضروري ايجاد هذه القيمه المجهوله بدلاله المقاومه الكليه والمقاومات الاخري المكونه للدائرة.
فاذا كانت الدائرة الكهربيه تحتوي علي مقاومتين متصلتين علي التوازي وكانت احدي قيم المقاومتين والمقاومه الكليه معلومه فانه يمكن ايجاد القيمه المجهوله.

مثال بسيط-:

!Error

إذا أردت الحصول على مقاومة تساوي 150Ω وذلك باستخدام مقاومتين متصلتين على التوازي إحداهما تساوي 330Ω. ما هي القيمة الأخرى التي تحتاجها؟



!Error

يمكن حساب قيمة المقاومة الأخرى المتصلة على التوازي مع المقاومة 330Ω عن طريق التطبيق في الصورة العامة للمقاومة الكلية لمقاومتين على التوازي أي:

$$R_T = \frac{R_A R_X}{R_A + R_X}$$

$$150 = \frac{330R_X}{330 + R_X}$$

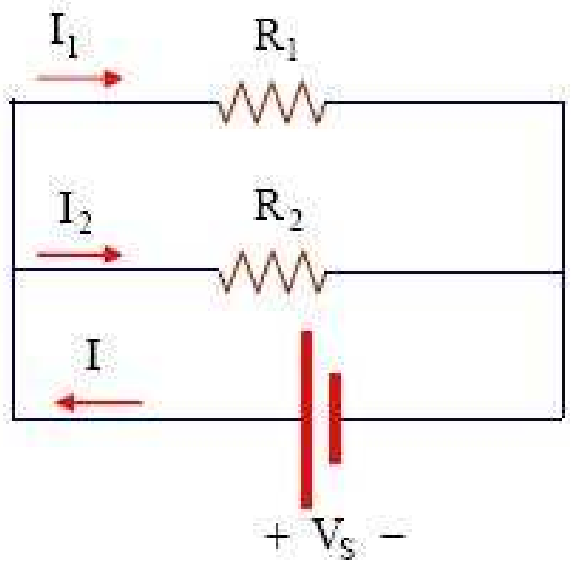
$$150(330 + R_X) = 330R_X$$

$$150 * 330 = 330R_X - 150R_X$$

$$\therefore R_X = \frac{150 * 330}{180} = 275\Omega$$

تجزئ التيار فى دوائر التوازى-:

في الجزء السابق اوجدنا المقاومه الكليه لاي عدد من المقاومات المتصله علي التوازي ونريد ان نشير الي انه في دوائر التوازي يتجزأالتيار الي عدد من المقاومات او الافرع وفي هذا الجزء سوف نستنتج قانون تقسيم التيار.



لايجاد قيم التيارات الفرعيه I1,I2 بدلاله التيار الكلي I وبتطبيق قانون اوم نجد ان-:

V=IRt

V=I1R1

V=I2R2

اي ان

IRt=I1R1

I1=IRt/R1

وكذلك

I2=IRt/R2

ويمكن وضع هذه الصيغه لقانون تجزئ التيار

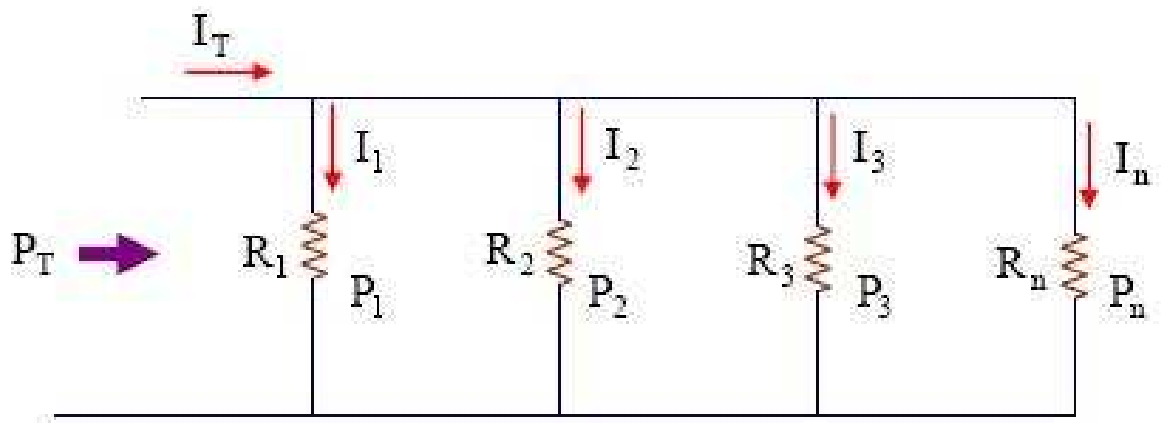
Ix=IRt/Rx

القدرة فى دوائر التوازي-:

في دوائر التوازي تمثل القدرة الكليهPt مجموع القدرات الجزئيه المنفرده بمعني ان:

Pt=P1+P2+P3+...+Pn

!Error



$$P_T = VI = I_T^2 R_T = \frac{V^2}{R_T}$$

او بهذه الطريقه

$$P_1 = I_1^2 . R_1$$

$$P_2 = I_2^2 . R_2$$

$$P_3 = I_3^2 . R_3$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

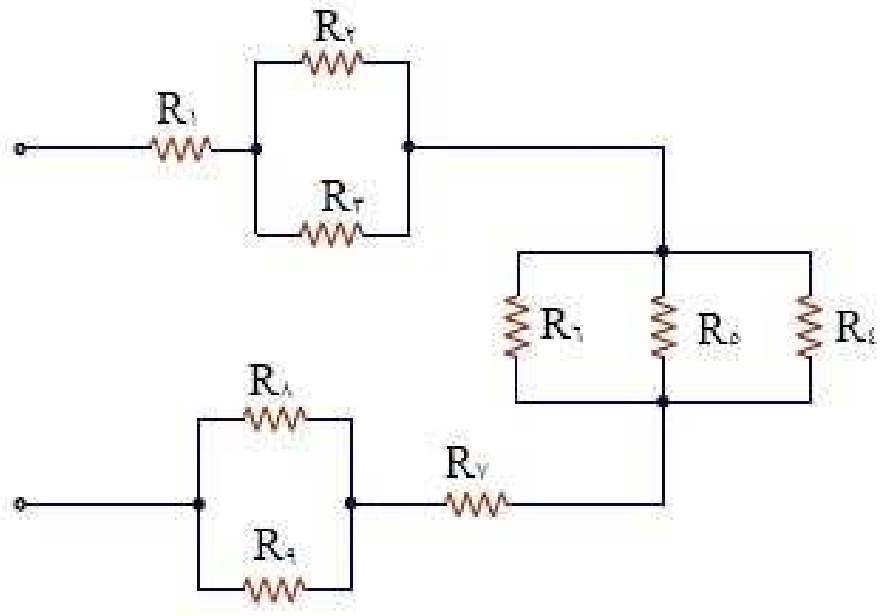
يتبع باذن اللـــــــــه

الدوائر المركبه

في الفصول السابقه درسنا دوائر التوالي والتوازي كل علي حده ويأتي الدور الان علي الدوائر المركبه والتي تشمل الاثنين معا

تعريف التوالى التوازى-:

أوصف عناصر التوالي والتوازي في الدائرة المبينه



نجد من الدائرة أن المقاومات R1,R7 موصله علي التوالي حيث ان التيار المار فيهما يمقل التيار الكلي للدائرة وكذلك يوجد ثلاث مجموعات من العناصر تمثل التوازي وعند ايجاد المقاومه الكليه للدائره نحصل علي

الاتي

$$R_T = R_1 + R_2 // R_3 + R_4 // R_5 // R_6 + R_7 + R_8 // R_9$$

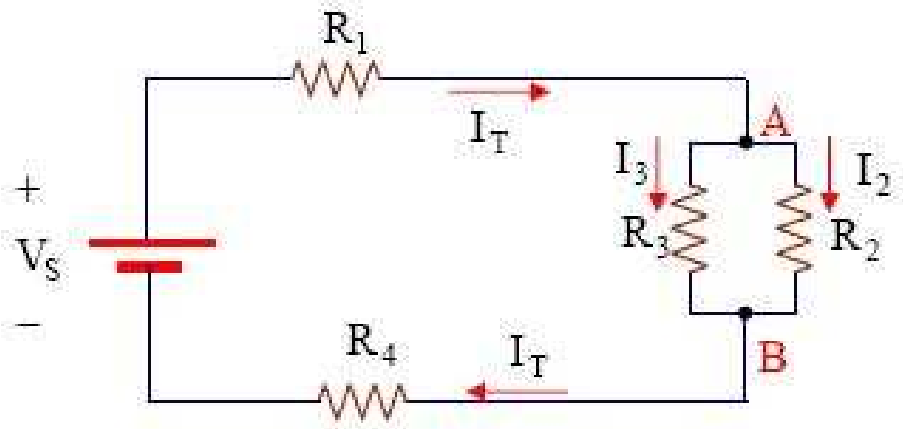
او بصورة اخري

$$R_T = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + \frac{R_4 R_5 R_6}{R_4 R_5 + R_4 R_6 + R_5 R_6} + R_7 + \frac{R_8 R_9}{R_8 + R_9}$$

مثال يوضح الامر-:

!Error

في الدائرة المبينة بشكل رقم (٦ -٢)، بين عناصر التوالي والتوازي.



!Error

الحل

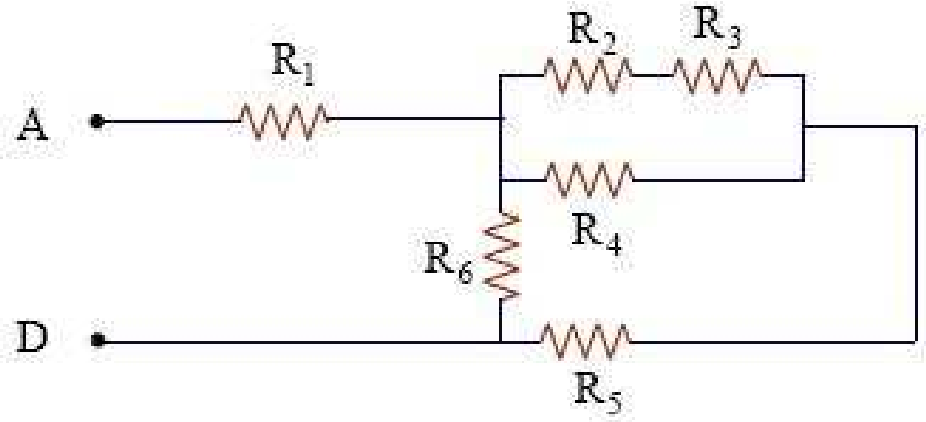
نجد من الدائرة أن التيار الكلي الخارج من مصدر التغذية يمر في المقاومة R_1 ثم عندما يمر من النقطة A يتفرع إلى جزأين، جزء يمر في R_2 ، والجزء الآخر يمر في R_3. ومن قانون كيرشوف للتيار نجد أنه عند النقطة B يتجمع التيار مرة أخرى ويمر في المقاومة R_4. إذا تصبح المقاومات R_1, R_4 على التوالي. أما المقاومات R_2, R_3 فهي موصلة على التوازي، أي أن $R_2 // R_3$ ، وبالتالي تكون المقاومة الكلية R_T كما يلي:

$$R_T = R_1 + R_2 // R_3 + R_4$$

ومثال آخر-:

!Error

أوصف مجموعات التوالي والتوازي بين النقطتين A,D في الشكل رقم (٦ -٥).

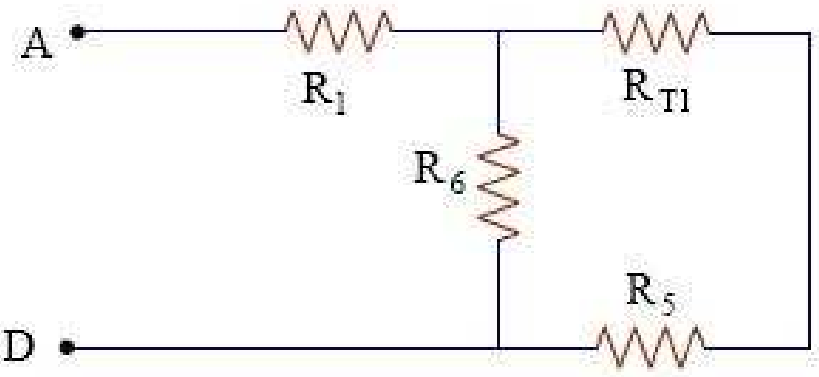


!Error

نوجد أولا المقاومة المكافئة R_{T_1} للمجموعة المكونة من المقاومتين المتواليتين R_2, R_3 والموصلتين على التوازي مع المقاومة R_4 لنحصل على:

$$R_{T_1} = \frac{(R_2 + R_3) \cdot R_4}{(R_2 + R_3) + R_4}$$

بعد ذلك نجد أن المقاومة المكافئة R_{T_1} تصبح على التوالي مع R_5 كما في شكل رقم (٦ -٦).



شكل رقم (٦ -٦) تبسيط الدائرة الكهربائية لمثال رقم (٦ -٤).

ويمكن كتابة المقاومة الكلية للدائرة بين النقطتين D,A على النحو التالي:

$$R_T = R_1 + R_6 // (R_{T_1} + R_5)$$

تحليل دوائر التوالى التوازى-:

غالبا ما تشمل اي دائرة كهربيه علي مقاومات متصله علي التوالي واخري علي التوازي وتمثل هذه الدائرة في معظم الاحيان دائره عمليه.

لذلك عند ايجاد المقاومه الكليه للدائرة يتبع الطريقه التاليه:

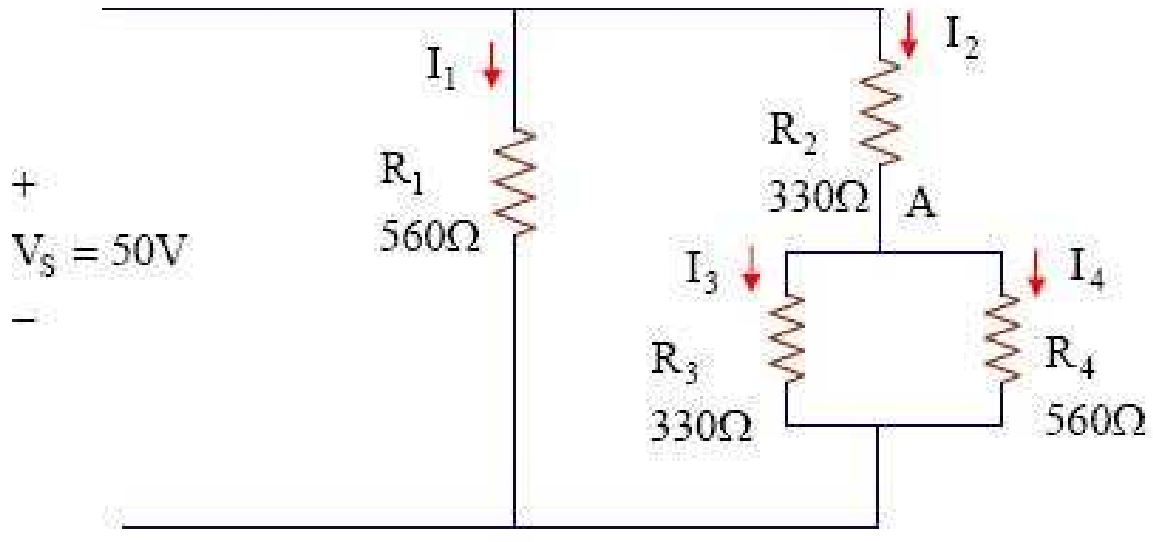
نحدد المقاومات المتصله علي التوازي ونحسب المقاومه المكافئه لها ثم

نرسم الدائره بعد تبسيطها
نحدد المقاومات المتصله علي التوالي ونحسب المقاومه المكافئه لها ثم نرسم الدائرة بعد تبسيطها
في النهايه تصبح الدائرة الاصليه دائرة بسيطه يمكن ايجاد المقاومه الكليه لها

مثال-:

!Error

أوجد قيمة التيار المار في المقاومة R_4 في الدائرة إذا كان قيمة مصدر الجهد $V_S = 50V$



!Error

نجد من الدائرة السابقة أن فرعين أساسين منطبق عليهما نفس الجهد 50V ، الفرع الأول ويمثله المقاومة R_1 والفرع الثاني عبارة عن المقاومة R_2 على التوالي مع مجموعة التوازي لكل من R_3, R_4.

ولإيجاد قيمة التيار I_4 المار في المقاومة R_4 نتبع الطريقة التالية:

أولا: نحسب قيمة المقاومة الكلية لكل من المقاومات R_2, R_3, R_4.

ثانيا: نحسب قيمة I_2 وهو عبارة عن خارج قسمة الجهد على المقاومة الكلية للمقاومات R_2, R_3, R_4.

ثالثا: بعد حساب I_2 نطبق قاعدة توزيع التيار عند نقطة A لإيجاد قيمة التيار I_4 وهو المطلوب.

$$R_{T_{2,3,4}} = R_2 + R_3 // R_4$$

$$= R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

$$= 330 + \frac{330 * 560}{330 + 560} = 538\Omega$$

$$\therefore R_{T_{2,3,4}} = 538\Omega$$

$$I_2 = \frac{50}{538} = 93mA$$

!Error

-

ثم باستخدام قاعدة توزيع التيار ينتج أن:

$$I_4 = I_2\left(\frac{R_3}{R_3 + R_4}\right) = 34.5mA$$

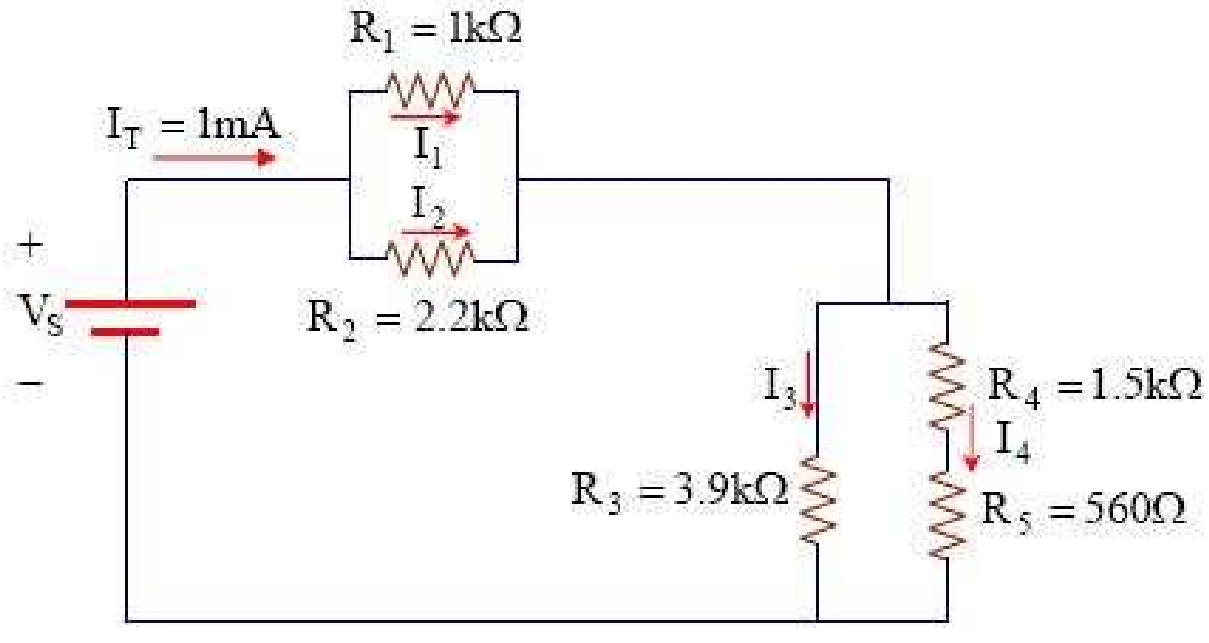
$$\therefore I_4 = 34.5mA$$

ايجاد الهبوط فى الدوائر المركبه-:

من المفيد حساب الهبوط في الجهد علي اي جزء من اجزاء الدائرة ويمكن ايجاد الهبوط في الجهد وذلك باستخدام قانون تجزئ الجهد والذي سبق شرحه ويمكن ايضا استخدام قانون كيرشوف للجهد وقانون اوم وسوف نتناول الامثله لحساب الهبوط في الجهد

!Error

أوجد الهبوط في الجهد على كل مقاومة في الدائرة المبينة بشكل رقم (٦ -١٤).



!Error

نلاحظ أنه لم يعط قيمة جهد المصدر ولكن أعطيت قيمة التيار الكلي وهذا واضح من الدائرة، ومن الدائرة نجد أن المقاومتين R_1, R_2 متصلتان على التوازي. ويمكن إيجاد التيار المار في R_1 وكذالك التيار المار في R_2 وذلك باستخدام قاعدة توزيع التيار كما يلي:

$$I_1 = I_T\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

$$= 1mA\left(\frac{2.2k\Omega}{1k\Omega + 2.2k\Omega}\right) = 688\mu A$$

$$\therefore I_1 = 688\mu A$$

قيمة الجهد على أطراف المقاومة R_1 تساوي

$$V_1 = I_1.R_1 = 688\mu A * 1k\Omega$$

$$V_1 = 688mV \therefore$$

!Error

قيمة التيار I_3 المار في R_3 يمكن إيجاده بقاعدة توزيع التيار كما يلي:

$$I_3 = I_T\left(\frac{R_4 + R_5}{R_3 + (R_4 + R_5)}\right)$$

ثم بالتعويض عن قيم كل من I_T والمقاومات ينتج أن:

$$I_3 = 346\mu A$$

الهبوط في الجهد في المقاومات R_3, R_4, R_5 كما يلي:

$$V_3 = I_3 . R_3 = (346\mu A)(3.9k\Omega)$$

$$\therefore V_3 = 1.35V$$

لحساب قيمة V_4 نحسب أولا قيمة التيار المار في R_4 ، كما يلي:

!Error

$$I_4 = I_5 = I_T - I_3$$

$$= 1mA - 346\mu A$$

$$= 1mA - 0.346mA$$

$$\therefore I_4 = 0.654mA$$

$$V_4 = (0.654mA)(1.5k\Omega) = 0.981V$$

$$\therefore V_4 = 981mV$$

$$V_5 = I_5 * R_5 = 366mV$$

الجهد والتيار في الدوائر المركبه-:

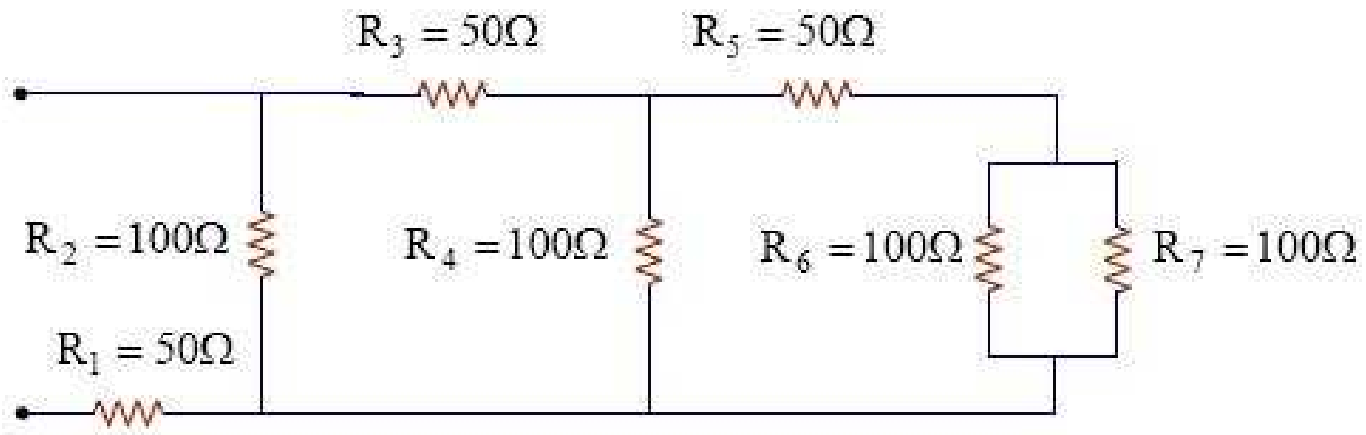
عرفنا من الوحدات السابقه ان مجموع الهبوط في الجهد في دوائر التوالي تساوي جهد مصدر التغذيه.
هذا ايضا صحيح في دوائر التوالي-التوازي. حيث ان الجهد علي مجموعه التوازي يمكن التعامل معه علي انه عنصر واحد بمعني ان الجهد متساو علي مقاومات التوازي وبالتالي فان الهبوط في الجهد علي

مجموعة التوازي يساوي الهبوط في الجهد علي اي مقاومة من مقاومات التوازي.

مثال:

!Error

أوجد المقاومة الكلية للدائرة المبينة بشكل رقم (٦ -٢٠).



!Error

$$\because R_6 // R_7$$

$$\therefore R_{6,7} = \frac{100 * 100}{100 + 100} = 50\Omega$$

R_5 على التوالي مع $R_{6,7}$ والمكافئة لهما كالتالي:

$$R_5 + R_{6,7} = 50 + 50 = 100\Omega$$

$$R_4 //(R_5 + R_6 // R_7) = 100 // 100 = 50\Omega$$

والمقاومة الناتجة تكون على التوالي مع R_3 وتصبح المقاومة الكلية لهما.

$$R_3 + R_4 //(R_5 + R_6 // R_7) = 50 + 50 = 100\Omega$$

نجد أيضا أن المقاومة السابقة تصبح على التوازي مع المقاومة R_2 ، وبالتالي فإن:

$$R_2 //[R_3 + R_4 //(R_5 + R_6 // R_7)] = \frac{100 * 100}{100 + 100} = 50\Omega$$

وفي النهاية تصبح المقاومة الناتجة على التوالي مع R_1 والتي تعطي R_T

$$R_T = 50 + 50 = 100\Omega$$

الخلاصه-:

!Error

(١) الدوائر المركبة (توال – تواز) يمكن تحليلها كما لو كانت دائرة توال وذلك باستبدال مجموعة التوازي فيها بمقاومة مكافئة .

(٢) الهبوط في الجهد عبر مجموعة التوازي يمكن الحصول عليه وذلك بإيجاد المقاومة المكافئة لمجموعة التوازي ثم بالضرب في قيمة التيار الكلي للدائرة

(٣) جميع المسائل من النوع المركب يمكن حلها بقواعد التوالي والتوازي (أي باستخدام قانون كيرشوف للجهد في دوائر التوالي وقانون كيرشوف للتيار في دوائر التوازي)

(٤) يمكن إيجاد قيمة الجهد في أي جزء من دائرة التوالي وذلك باستخدام العلاقة التالية:

$$V_X = V_S\left(\frac{R_X}{R_T}\right)$$

!Error

حيث:

R_X : تمثل مقاومة الجزء المطلوب إيجاد الجهد عليه

V_X : تمثل الجهد على الجزء المطلوب

V_S : مصدر الجهد

R_T : المقاومة الكلية للدائرة.

(٥) الأرضي (في بعض الأحيان تسمى التأريض) هو مصطلح يطلق على أخذ نقطة مشتركة للدائرة Common Reference Point وعادة يكون أحد طرفي المصدر متصلاً بالأرضي.

يتـــــــبع باذن الله

الباب السابع

تحليل الدوائر الكهربيه

درسنا في الفصول السابقه تحليل بعض انواع الدوائر باستخدام كل من قانون اوم وكذلك قانون كيرشوف ولكن هناك نماذج اخري من الدوائرنجد من الصعوبه استخدام هذه القوانين مما يتطلب ايجاد طرق اضافيه لتحليل

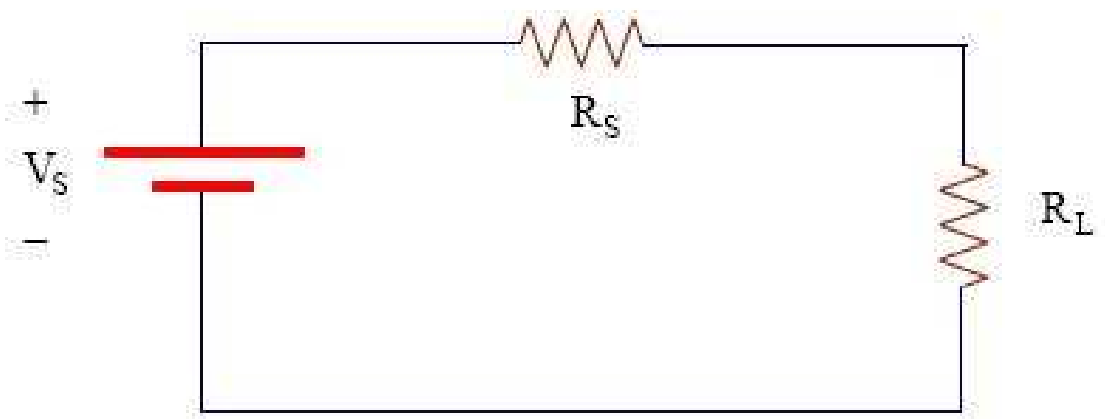
مثل هذه الدوائر بغرض تبسيط الدائره.
والنظريات التي سوف نتعرض لها بالشرح وكذلك التحويلات نجد انها سوف تعمل علي تسهيل هذه الانواع من الدوائر.
علما بأن دراسة هذه النظريات وكذلك التحويلات لا تعني الغاء القوانين السابقه ولكن دراستها سوف تكون مدعمه ومسانده لها.

أنواع مصادر تشغيل الدوائر الكهربيه-:

جميع الدوائر الكهربيه يمكن تشغيلها عن طريق مصدر جهد Voltage Sourceأو مصدر تيار Current Source لذلك لابد ان نعرف هذه المصادر واهمية استخدامها.

مصدر الجهد الثابت-:

هو مصدر تغذيه للحمل بجهد ثابت في الدائرة الكهربيه ويكون متصلا معه علي التوالي مقاومته الداخليه Rs وهي صغية جدا ويكون شكل الدائرة كالتالي-:

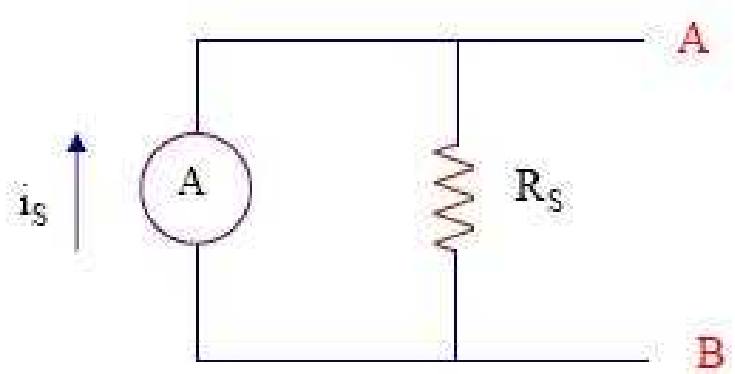


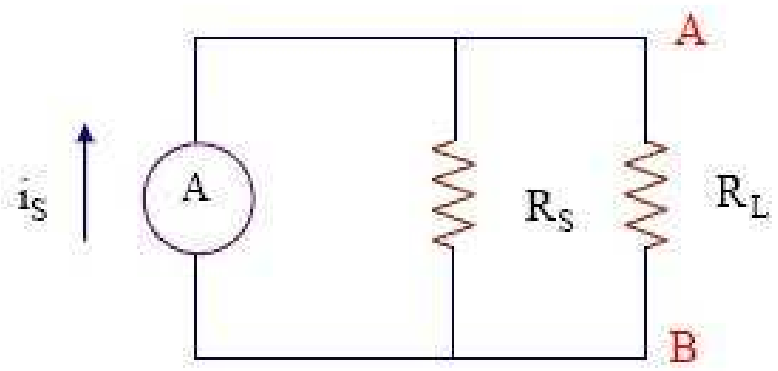
ولكي يكون المصدر مثاليا Ideal Voltage Source يجب ات تكون Rsاصغر مما يمكن
اي يتحقق الشرط التالي-:
$R_L \gg R_S$

مصدر تيار ثابت-:

هو مصدر تغذيه لتيار ثابت للحمل في الدائرة ويكون متصلا معه علي التوازي مقاومته الداخليه Rs وتظل قيمة التيار ثابته مهما تغيرت مقاومة الحمل ويكون شكل الدائرة الكهربيه في حالتي عدم وجود حمل كهربي أو

في وجود حمل كهربي كالتالي وبالترتيب





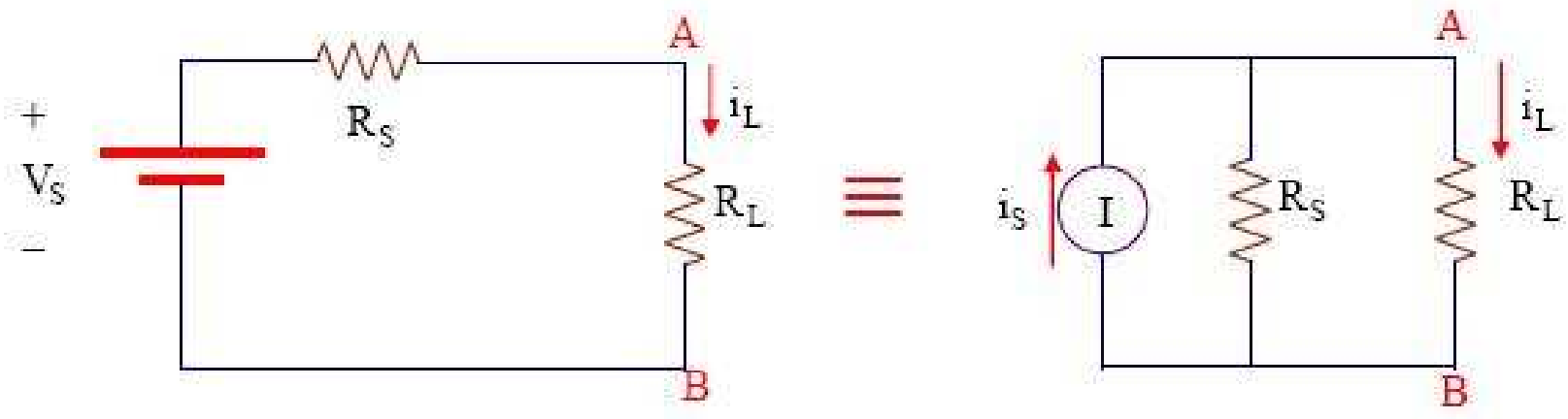
حتي يصبح مصدر التيار مثاليا يجب ان تكون $R_S \gg R_L$

نلاحظ ان المقاومه الداخليه لمصدر التيار عالية القيمه علي الاقل تساوي عشر مرات من مقاومة الحمل المتصل.

تحويلات المصدر-:Source Conversions

يفضل في بعض الاحيان وعلي حسب نوعية الدائرة تحويل مصدر الجهد الي مصدر تيار او العكس وذلك بغرض تسهيل عملية التحليل.

!Error



من دائرة مصدر الجهد نجد ان تيار الحمل I_L يساوي:

$$I_L=V_S/(R_S+R_L)$$

ومن دائرة مصدر التيار وبتطبيق علاقة توزيع التيار نجد ان التيار المار في الحمل I_L يساوي:

$$I_L=R_S*I_S/(R_S+R_L)$$

وبمساواة العلاقه نجد ان:

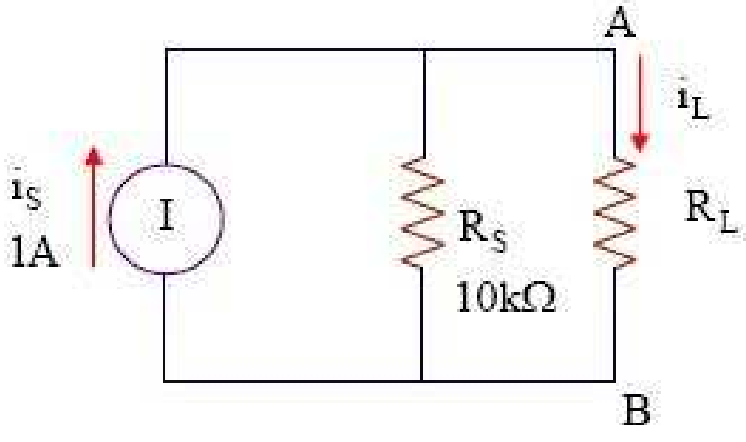
$$V_S=R_S*I_S$$

مثال للايضاح-:

!Error

أوجد قيمة تيار الحمل في الدائرة التالية عندما تكون:

(a) $R_L = 100\Omega$ (b) $R_L = 560\Omega$ (c) $R_L = 1K\Omega$



والحل-:

!Error

أولاً عندما يكون قيمة $R_L = 100\Omega$

وبتطبيق علاقة رقم (٧ -٢)، يصبح I_L

$$I_L = \left(\frac{R_S}{R_S + R_L}\right) i_S \square$$

$$I_L = \left(\frac{10k\Omega}{10.1k\Omega}\right) * 1 = 990mA = 0.99A \square$$

عندما تكون $R_L = 560\Omega$ ، إذن:

$$I_L = \left(\frac{10k\Omega}{10.56k\Omega}\right) * 1 = 0.947A \square$$

عندما يكون $R_L = 1K\Omega$ يصبح قيمة I_L

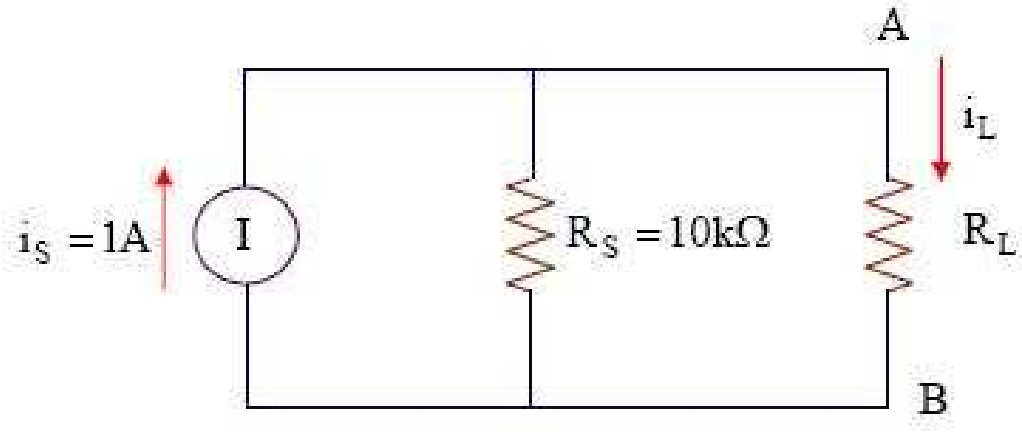
$$I_L = \left(\frac{10k\Omega}{11k\Omega}\right) * 1 = 0.909A \square$$

نجد أن من القراءات السابقة أن تيار الحمل I_L يقترب بقيمة ١٠٪ من قيمة i_S حيث إن قيمة R_L أقل بعشر مرات من قيمة R_S وهو الشرط الخاص بمصدر التيار المثالي.

ومثال اخر:

!Error

في الدائرة التالية، ما هي قيمة R_L عندما يكون قيمة تيار الحمل $I_L = 750mA$.



والحل-:

!Error

$$I_L = \left(\frac{R_S}{R_S + R_L}\right) i_S \square$$

بالتعويض عن قيمة تيار الحمل وكذلك R_S ، i_S ينتج الآتي:

$$0.75(10 + R_L) = 10 \square$$

$$7.5 + 0.75R_L = 10 \square$$

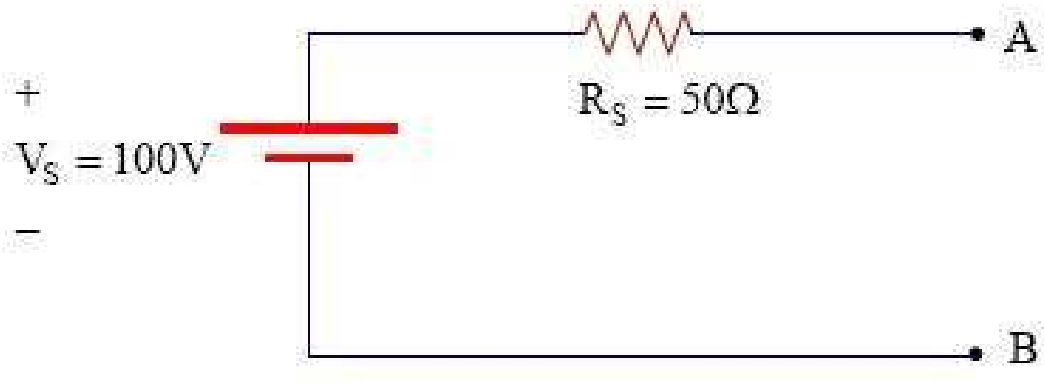
$$0.75R_L = 2.5 \square$$

$$R_L = \frac{2.5}{0.75} = 3.33k\Omega$$

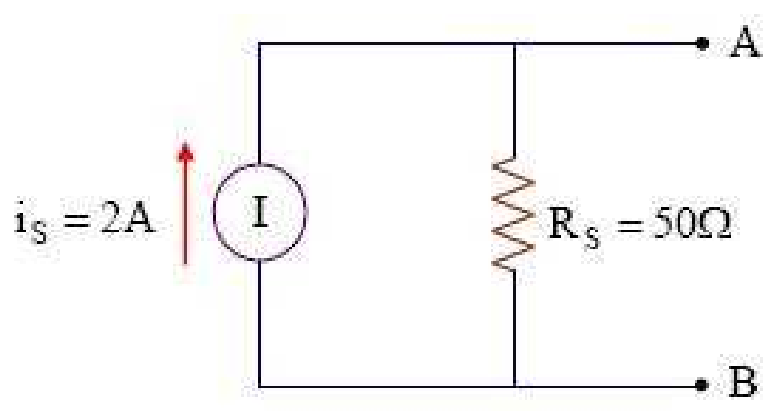
ومثال اخر:

!Error

حول دائرة مصدر الجهد المبينة بشكل رقم (٧ -٦) إلى دائرة مصدر تيار ثابت.



والحل-:



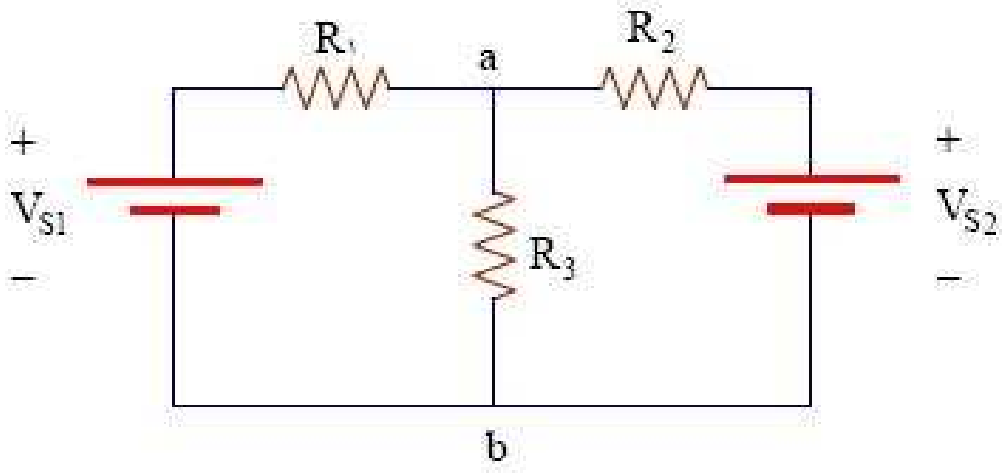
نظرية التركيب-:Superposition

هي نظرية المصادر المتعدده المغذيه للدائرة وتستخدم هذه النظريه عندما يوجد اكثر من مصدر تغذيه سواء مصدر جهد او مصدر تيار او كليهما معا.

وتتلخص طريقة نظرية التركيب واستخدامها ضمن تحليل الدائرة الكهربيه كما يلي:
انه اذا اردنا ايجاد قيمة التيار الكهربي المار في عنصر ما في الدائرة فان هذا التيار يمكن ايجاده عن طريق حاصل جمع التيارات الكهربيه الناتجه من تغذية الدائرة لكل مصدر علي حده ووضع جميع المصادر خارج الخدمه.

- **لجعل مصدر الجهد خارج الخدمه يستبدل بمقاومته الداخليه Rsوحيث ان مقاومته الداخليه اصغر ما يمكن لذلك نعمل عملية قصر دائرة علي مصدر الجهد اي.Short Circuit**
- **لجعل مصدر التيار خارج الخدمه يستبدل بمقاومته الداخليه حيث ان مقاومته الداخليه اكبر ما يمكن لذلك نعمل عملية فتح دائرة علي مصدر التيار.Open Circuit**

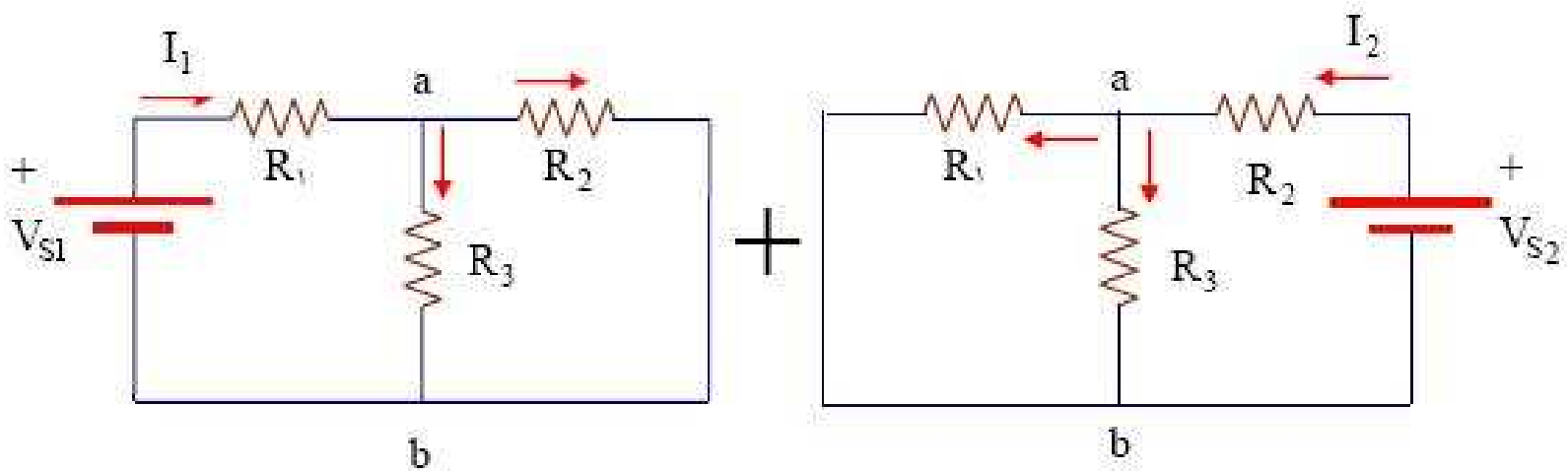
وسوف يتضح هذا علي الدائرة المبينه-:



من الواضح انه يوجد مصدران جهد لتغذية الدائرة فاذا اردنا ايجاد التيار المار في المقاومه R3 تصبح الدائرة السابقه عبارة عن دائرتين تحتوي كلا منهنا علي مصدر جهد واحد ثم بحساب كل من التيارات I_1, I_2 في الدائرتين واستخدام علاقة التيار الفرعيه لايجاد قيمة التيار المار في المقاومه R_3 ثم بالجمع او الطرح حسب اتجاه التيار لكل منهما يمكن

ايجاد التيار الكلي الناتج عن المصدرين.

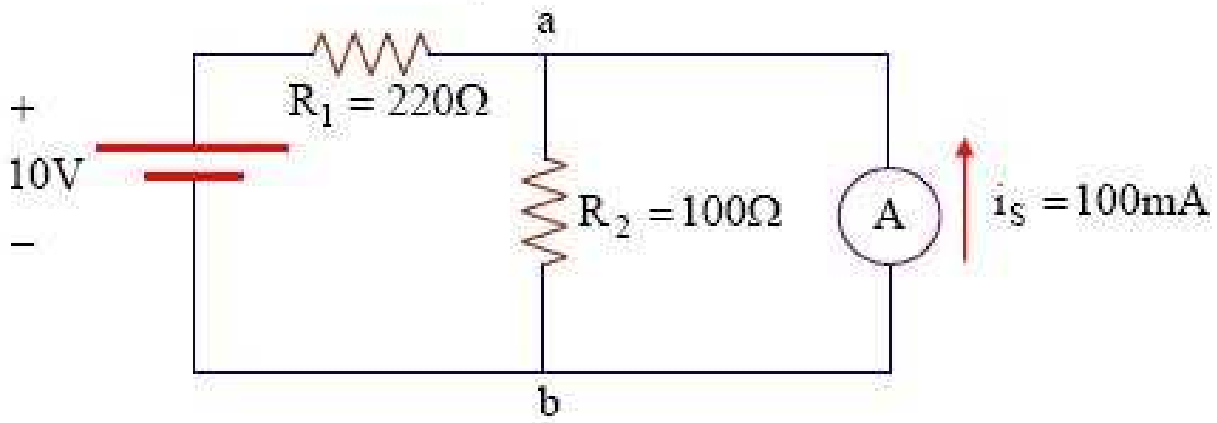
!Error



مثال-:

!Error

أوجد قيمة التيار المار في المقاومة R_2 باستخدام نظرية التركيب في الشكل رقم (٧ -١٢).

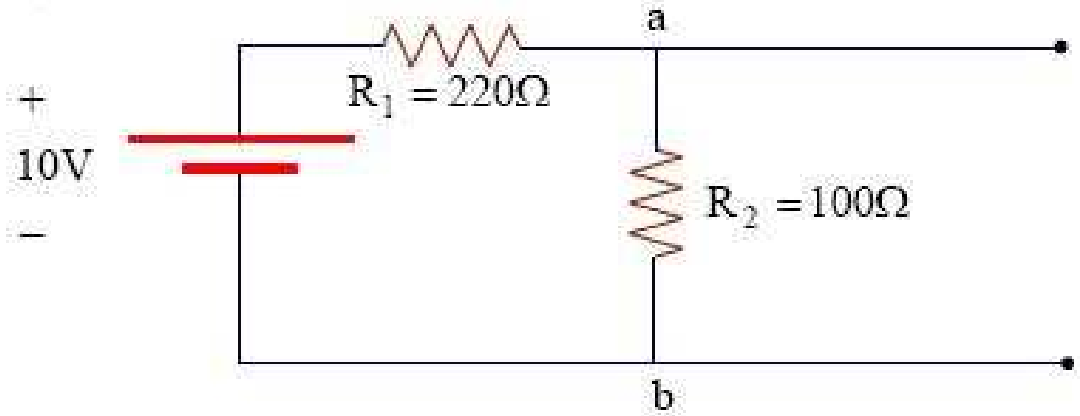


والحل-:

!Error

أولاً نقسم الشكل السابق إلى دائرتين.

الدائرة الأولى: وتحتوي على مصدر الجهد ذو الجهد V ١٠ فقط كما هو مبين بشكل رقم (٧ -١٤).



شكل رقم (٧ -١٤) تأثير مصدر الجهد فقط على الدائرة الكهربائية للمثال رقم (٧ -٥).

حيث تم نزع مصدر التيار وفتح الدائرة الكهربائية.

ثم نحسب قيمة التيار وذلك بإيجاد أولاً المقاومة الكلية للدائرة R_T كالآتي:

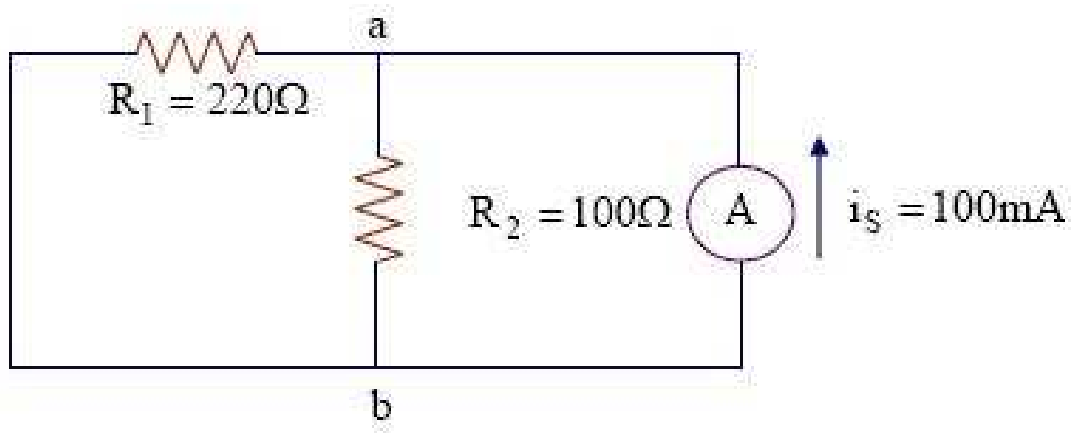
$$R_T = 220 + 100 = 320\Omega$$

$$i_T = i\downarrow_{R_2} = \frac{10}{320} = 31.2\text{mA}$$

!Error

∴ قيمة التيار المار في المقاومة R_2 نتيجة مصدر التغذية 10V يساوي 31.2mA.

الدائرة الثانية: وتحتوي على مصدر التيار ذي التيار mA ١٠٠ فقط كما هو مبين بشكل رقم (٧ -١٥).



شكل رقم (٧ -١٥) تأثير مصدر التيار فقط على الدائرة الكهربائية للمثال رقم (٧ -٥).

نوجد التيار في الفرع ab باستخدام قاعدة توزيع التيار كالتالي:

$$i\downarrow_{R_2} = i_S\left(\frac{220}{220+100}\right)\square$$

!Error

حيث $i\downarrow_{R_2}$ تعني التيار المار في المقاومة R_2 اتجاهه لأسفل، ثم بالتعويض عن قيمة i_s في العلاقة السابقة، نحصل على الآتي:

$$i\downarrow_{R_2} = 100\left(\frac{220}{320}\right) = 68.8\text{mA}$$

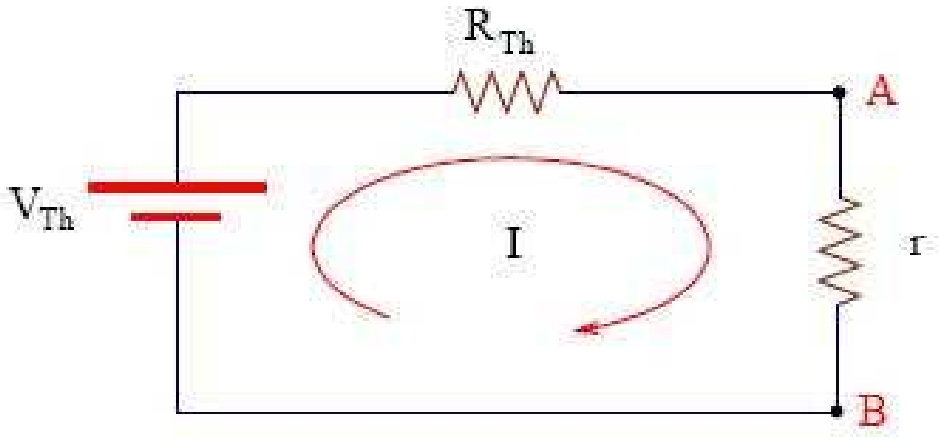
$$\therefore i\downarrow_{R_2} = 68.8\text{mA} \quad \square$$

إذاً قيمة التيار المار في R_2 نتيجة مصدر التيار الموجود في الدائرة السابقة يساوي 68.8mA.
ثم نوجد التيار الكلي المار في R_2 نتيجة وجود مصدر الجهد ومصدر التيار معاً كالتالي:

$$i = 31.2 + 68.8 = 100\text{mA}$$

نظرية ثفنن Thevinen's Theorem:-

هذه نظريه هامه لأنها تبسط اي دائرة كهربيه مهما كانت معقدة الي دائره مبسطه وتسمي ب مكافئ ثفنن Thevinen's Theorem
هذه الدائرة تتكون من مصدر جهد V_{th} متصل علي التوالي مع مقاومه مكافئه R_{th} كما هو موضح بالشكل-:



ويكون العنصر المراد ايجاد التيار فيه متصل علي التوالي مع R_{th} لتصبح الدائرة بسيطه ويمكن ايجاد التيار I المار في العنصر r وذلك باستخدام العلاقه التاليه:

$$I=V_{th}/(R_{th}+r)$$

ويتلخص عمل هذه النظريه فيما يلي-:

اذا أردنا ايجاد التيار والجهد لعنصر ما بين عقدتين في الدائرة نتبع الخطوات التاليه:

- **عمل ازاله للفرع المطلوب ايجاد التيار فيه وهو ما يسمي بفتح الدائرة وذلك بغرض حساب فرق الجهد بيت النقطتين ويرمز له بالرمز V_{th}**
- **عمل قصر علي مصادر التغذيه الموجوده في الدائرة (اي جعل قيمتها = ٠) وذلك بغرض حساب المقاومه الكليه للدائرة و يرمز لها بالرمز R_{th})يذكر هنا عند ايجادR_{th} ينظر للدائرة بين النقطتين المحصور بينهما العنصر المطلوب حساب التيار فيه.(**
- **رسم مكافئ ثفنن ويتكون من V_{th} كمصدر تغذيه متصل علي التوالي مع R_{th}ثم العنصر المطلوب حساب التيار فيه ويصبح قيمة التيار المار في العنصر المحصور بين النقطتين كما يلي:**

$$I=V_{th}/(R_{th}+r)$$

!Error

❁ ملحوظة مهمة: باختصار نجد أن نظرية ثفنن تتعامل مع جزء من الدائرة المركبة Complex Circuit. هذا الجزء أو العنصر سوف نتعامل معه على أساس أنه يمثل خرج الدائرة Output أي مع الحمل لأنه عادة يكون الحمل مُمَثِّل خرج الدائرة وبالتالي، نجد من خطوات نظرية ثفنن أن:

١) عند عمل Open للدائرة معنى ذلك أننا رفعنا (إزالة) الحمل من الدائرة بفرض إيجاد فرق الجهد على الحمل وهو ما يطلق عليه هنا V_{Th}.

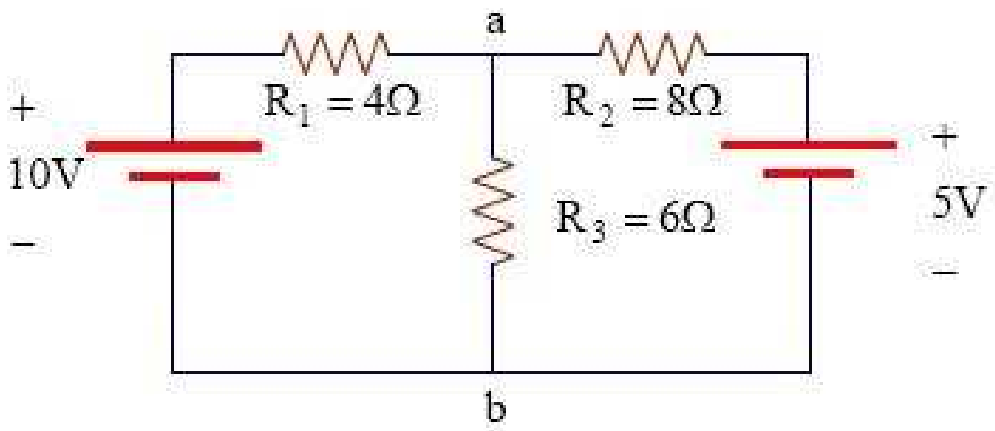
٢) الخطوة الثانية هو إيجاد المقاومة الكلية للدائرة عبر (أي بين نقطتي اتصال الحمل) أطراف الحمل وهو ما يطلق عليه هنا R_{Th} بعد عمل قصر على مصادر الجهد أو فتح مصادر التيار أن وجدت.

٣) مكافئ ثفنن (دائرة مكافئة) عبارة عن دائرة بسيطة توالي Series Circuit مكونة من مصدر تغذية هو V_{Th} ، R_{Th} ثم R_L وهي نفس دائرة ثفنن.

مثال للايضاح-:

!Error

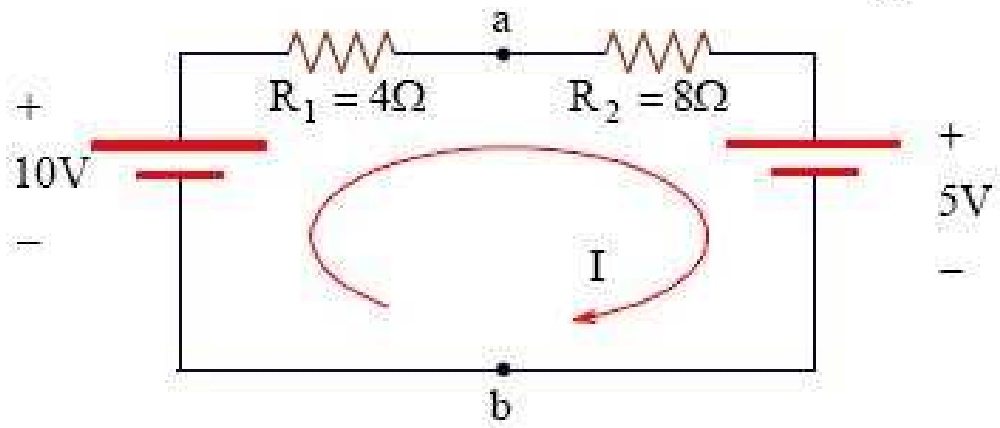
في الدائرة التالية أوجد قيمة التيار في الفرع a ، b باستخدام نظرية ثفنن.



والحل-:

!Error

الخطوة الأولى: عملية إزالة الفرع ab من الدائرة أي عمل فتح دائرة Open وذلك لإيجاد فرق الجهد بين النقطتين a، b وهو نفسه V_{Th} .



شكل رقم (٧ -١٨) الدائرة الكهربائية للمثال رقم (٧ -٦) بعد نزع الفرع ab.

ثم نحسب التيار المار في الدائرة من قانون أوم وحيث أن مصدري التغذية في وضع معاكس، إذن:

$$10 - 5 = I(4 + 8)$$

$$\therefore I = \frac{10 - 5}{12} = \frac{5}{12} A$$

!Error

إيجاد V_a من جهة المصدر الأكبر كما يلي:

$$\therefore V_a = 10 - I * 4$$

$$V_a = 10 - \frac{5}{12} * 4 = 8.33V$$

$$\therefore V_{Th} = 8.33V \square$$

ولو أردنا حساب الجهد عند النقطة a من جهة المصدر الأصغر فيجب أن نتذكر هنا أن الجهد عند النقطة a أعلى من قيمة المصدر الأصغر وهو 5V لأن التيار دائماً يبدأ حركته من الجهد الأكبر إلى الجهد الأقل وبالتالي يصبح V_a كما يلي:

$$V_a = 5 + I * 8$$

$$V_a = 5 + \frac{8}{12} * 8$$

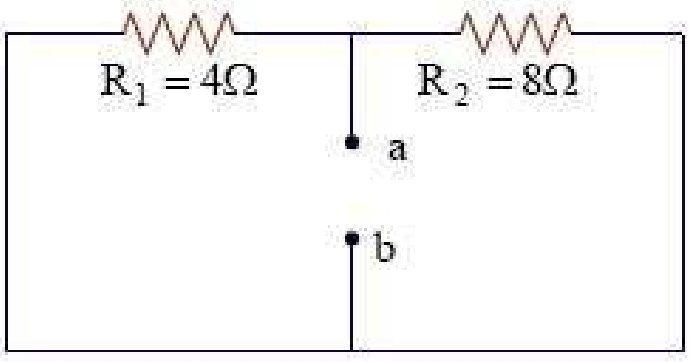
$$V_a = 5 + 3.33 \approx 8.33V \square$$

!Error

الخطوة الثانية: حساب R_{Th} بعد عمل قصر Short على المصادر.

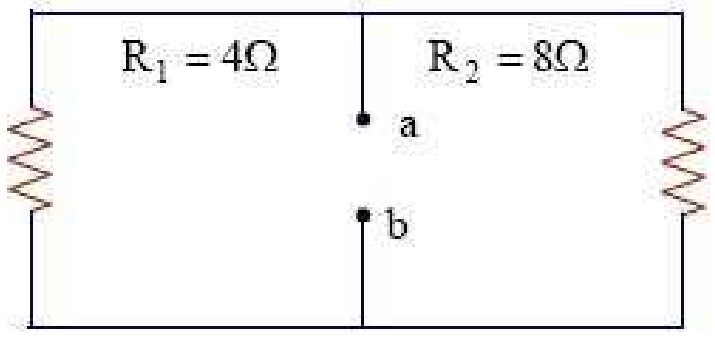
$$R_{Th} = R_{ab} \square$$

هنا نجد بعد عمل دائرة قصر على المصادر تصبح الدائرة على الصورة المبينة بشكل رقم (٧ -١٩).



شكل رقم (٧ -١٩) الدائرة الكهربائية للمثال رقم (٧ -٦) بعد عمل دائرة قصر على المصادر.

والتي تكافئ الدائرة المبينة بشكل رقم (٧ -٢٠).



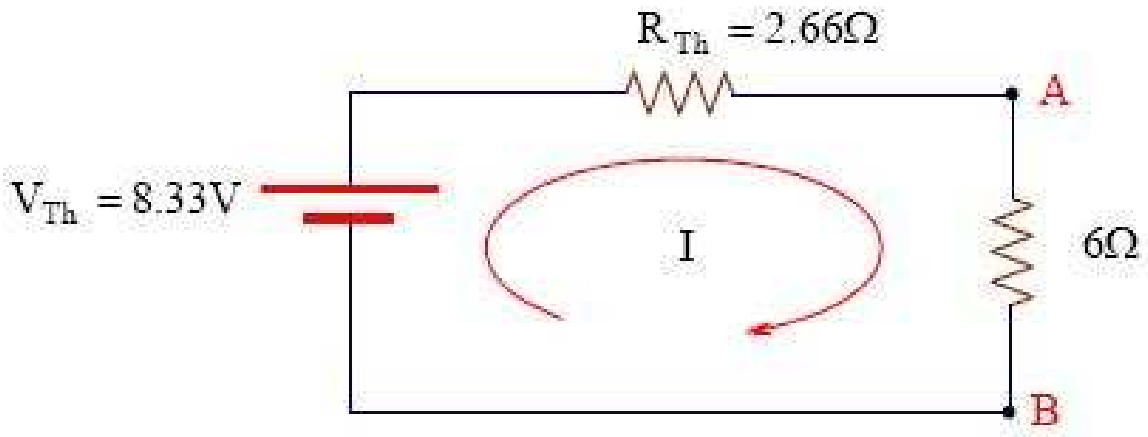
!Error

وعلى ذلك يمكن حساب المقاومة R_{TH} كالآتي:

$$\therefore R_{Th} = R_{ab} = \frac{4*8}{4+8} = 2.66\Omega$$

!Error

الخطوة الثالثة: حساب مكافئ ثفنن من الدائرة الكهربائية المبينة بشكل رقم (٧ -٢١).



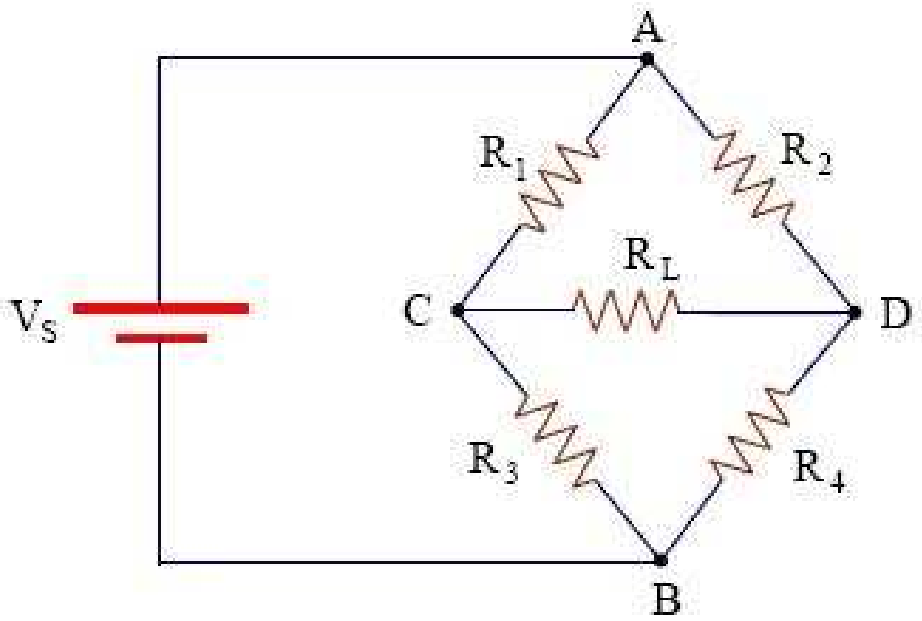
شكل رقم (٧ -٢١) مكافئ ثفنن للمثال رقم (٧ -٦).

ويمكن حساب التيار في الفرع ab كالآتي:

$$I_{ab} = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + 6\Omega} = \frac{8.33}{2.66 + 6} = 0.96A \square$$

تطبيقات نظرية ثفنن في دائرة القنطرة-:

معظم الدوائر الالكترونيه دوائر مركبه و معقده مثل دائرة القنطرة Bridge Circuitونجد من الصعوبه حل هذه الدوائر بالطريقه العاديه او المباشرة ومن هنا تبرز اهمية هذه النظريه.
لذلك سنستعرض دائرة القنطرة ، طرفي الدخل وهما A,B وطرفي الخرج C.Dويكون الحمل RL بينهما.



لذلك عند تعاملنا مع دوائر القنطره سوف نفرض ان النقطتين C,D هما طرفا الحمل المتصل بينهما وأما النقطتان الاخرتان A,B فهما طرفي الدخل.

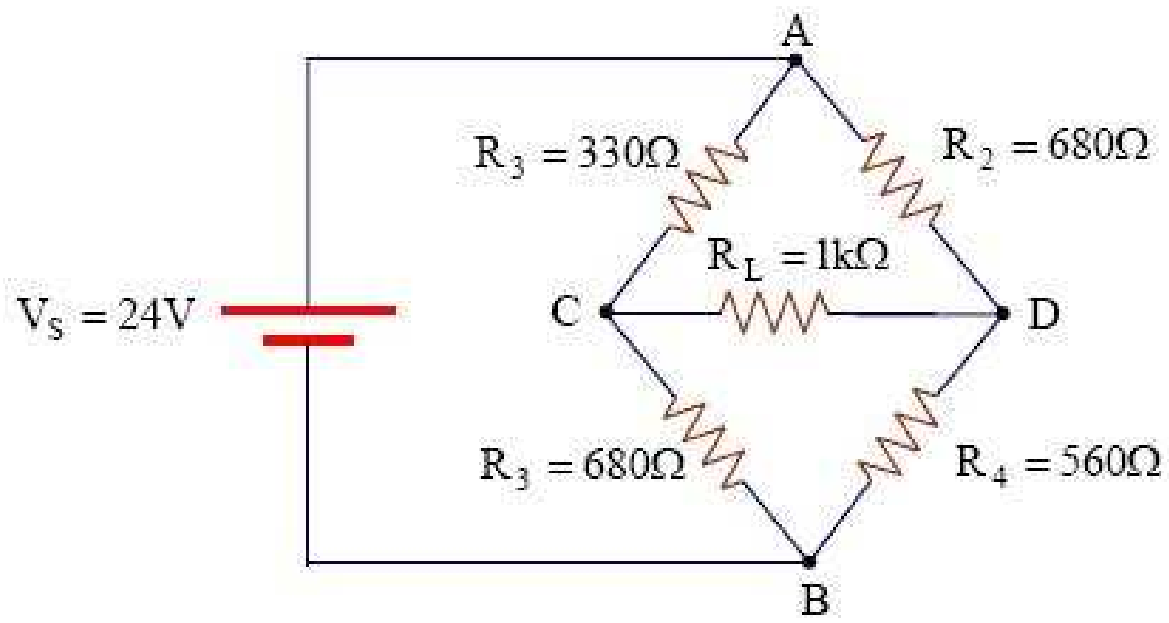
مثال طويل جدا-:

!Error

لدائرة القنطرة المبينة في شكل رقم (٧ -٢٨)، احسب:

(أ) فرق الجهد على الحمل R_L بين النقطتين C، D.

(ب) التيار المار في الحمل R_L.



والحل-:

!Error

نطبق خطوات ثفنن وهي كالتالي:

الخطوة الأولى: عمل إزالة للفرع R_L بين النقطتين C،D أي فتح الدائرة بين نقطتي خرج دائرة القنطرة C ، D وذلك لحساب V_{Th} حيث:

$$V_{Th} = V_C - V_D$$

$$V_{Th} = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3}\right)V_S - \left(\frac{R_4}{R_2 + R_4}\right)V_S \qquad (٧- ٧)$$

ويمكن توضيح المعادلة السابقة من خلال إعادة رسم الدائرة بعد إزالة R_L من خرج الدائرة، كما هو مبين بشكل رقم (٧ -٢٩).

حيث أن:

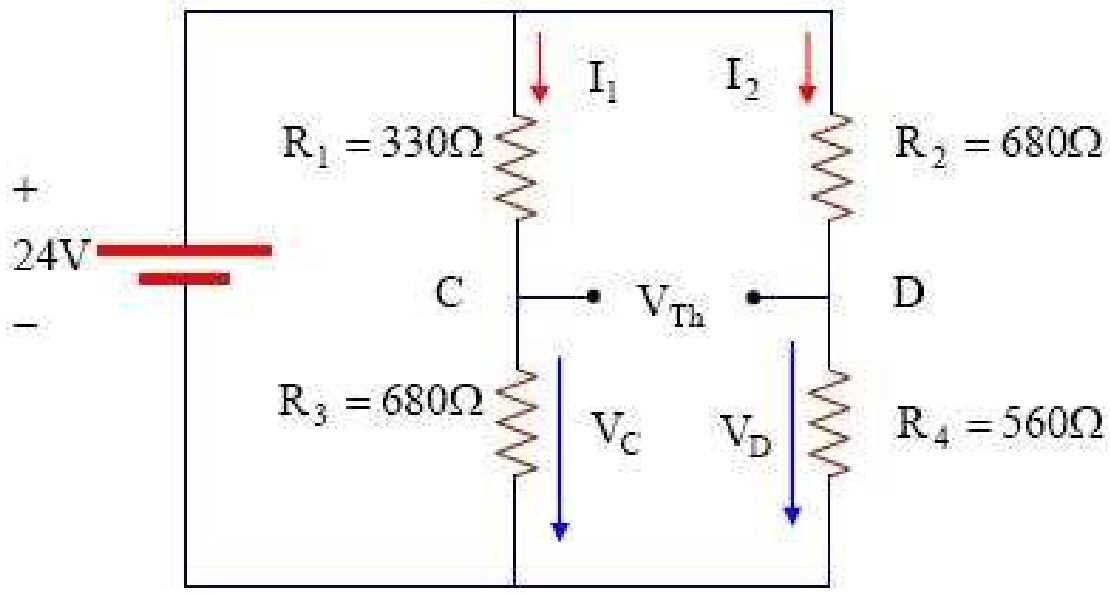
$$V_C = I_1 R_3$$

$$I_1 = \frac{V_S}{R_1 + R_3}$$

$$V_D = I_2 R_4$$

$$I_2 = \frac{V_S}{R_2 + R_4}$$

!Error



شكل رقم (٧ -٢٩) دائرة القنطرة للمثال رقم (٧ -٩) بعد إزالة R_L.

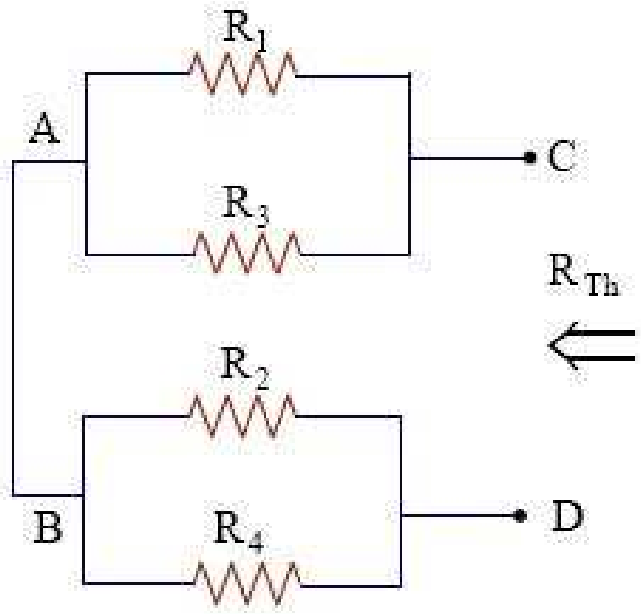
!Error

ويمكن بالتالي حساب V_{Th} كالتالي:

$$\therefore V_{Th} = \left(\frac{680}{330+680}\right) * 24 - \left(\frac{560}{680+560}\right) * 24$$

$$V_{Th} = 16.158 - 10.838 = 5.32V$$

الخطوة الثانية: عمل دائرة قصر وجعل قيمة مصدر الجهد يساوي صفراً وذلك لإيجاد قيمة R_{Th} عند النظر بين النقطتين C ، D وتصبح الدائرة على الصورة المبينة بشكل رقم (٧ -٢٠).



شكل رقم (٧ -٢٠) دائرة حساب R_{Th} للمثال رقم (٧ -٩).

!Error

ويمكن حساب R_{Th} كما يلي:

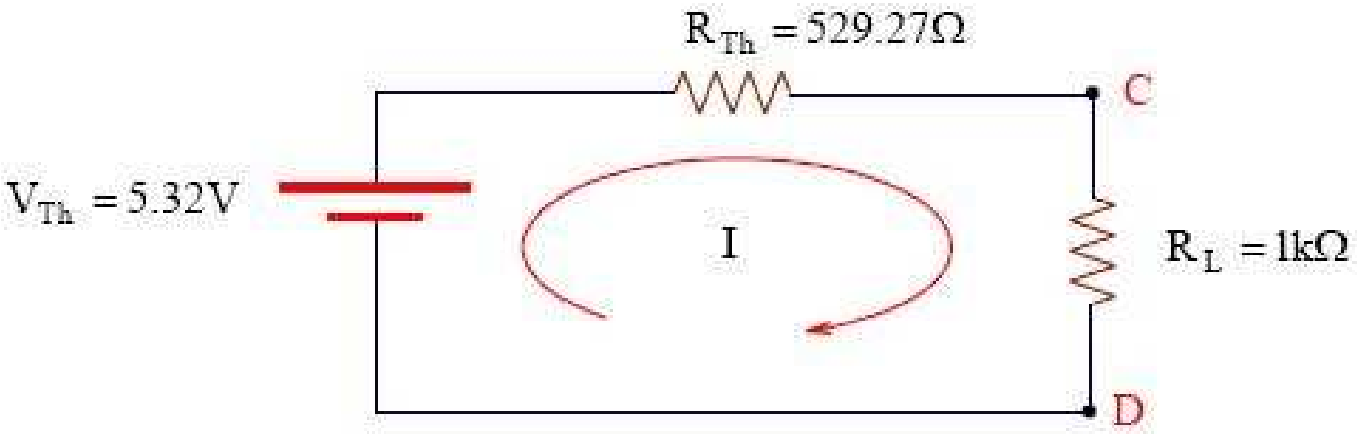
$$\therefore R_{Th} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} \qquad (٧ -٨)$$

$$R_{Th} = \frac{330 * 680}{330 + 680} + \frac{680 * 560}{680 + 560}$$

$$R_{Th} = 222.178 + 307.096 = 529.27\Omega$$

الخطوة الاخيرة-:

!Error



شكل رقم (٧ -٢١) مكافئ ثفنن للمثال رقم (٧ -٩).

ويمكن بالتالي حساب التيار في الفرع CD من دائرة مكافئ ثفنن بتطبيق قانون أوم، كما يلي:

$$\therefore I_{CD} = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L}$$

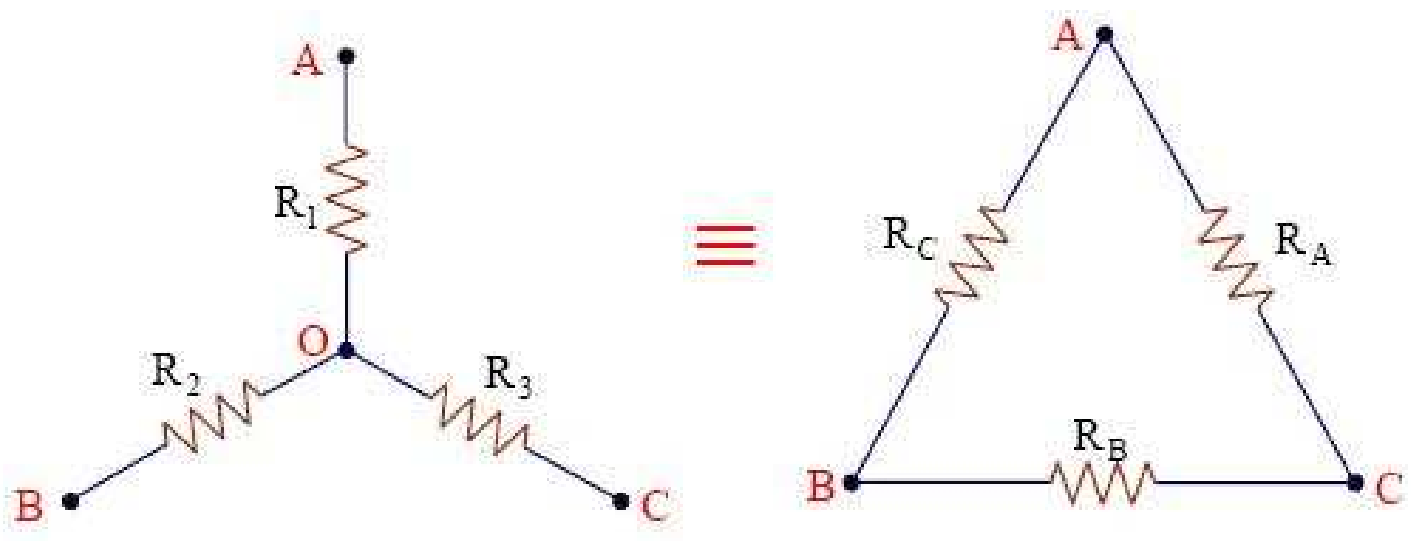
$$I_{CD} = \frac{5.32}{529.27 + 1000} = 3.5mA$$

∴ التيار المار في الفرع CD يساوي ٣.٥ mA

تحويلات الدلتا-نجمه والنجمه-دلتا-:

في بعض الدوائر نجد من الصعوبه حلها بالطرق السابقه ومن هنا تبرز اهمية التحويل من Y←Δ والمبينه بالشكل-:

!Error

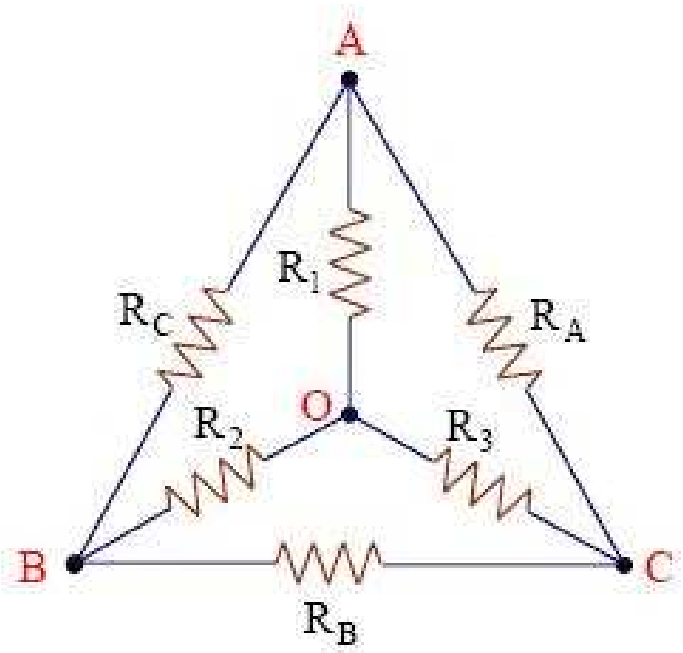


غالبا التوصيله Δترمز لها بالرمز A,B.C أوa,b,c
وكذلك التوصيله Y ترمز لها بالرمز ١و٢و٣.

قاعدة التحويل من الدلتا الي ستار-:

يفضل هنا ادخال التوصيله Y داخل التوصيله Δ كما هو مبين بالشكل.
حتي تكون المقارنه بينهما سهله حيث كل منهما تنحصر بين ثلاث نقاط

!Error



!Error

ولحساب توصيلة النجمة المكافئة لتوصيلة الدلتا: كل مقاومة في حالة Y = حاصل ضرب المقاومتين المتجاورتين في Δ مقسوما على مجموع المقاومات الثلاثة في Δ . و بالتالي ينتج أن:

$$R_1 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} \qquad (٩-٧)$$

$$R_2 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} \qquad (١٠-٧)$$

$$R_3 = \frac{R_C R_A}{R_A + R_B + R_C} \qquad (١١-٧)$$

قاعدة التحويل من ستار الي دلتا-:

$$R_A = R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

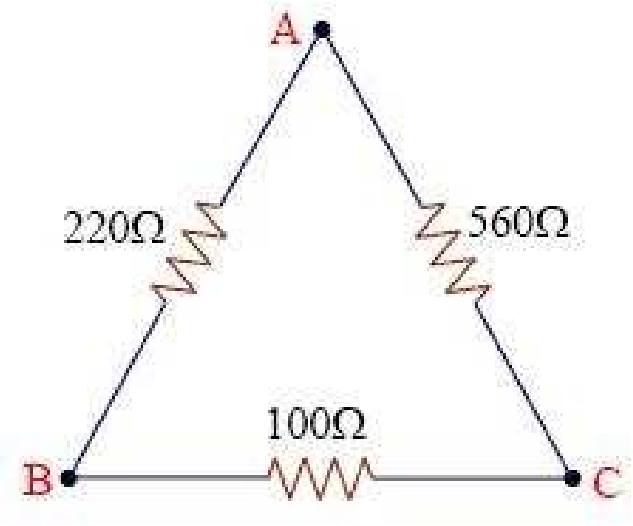
$$R_B = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_C = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

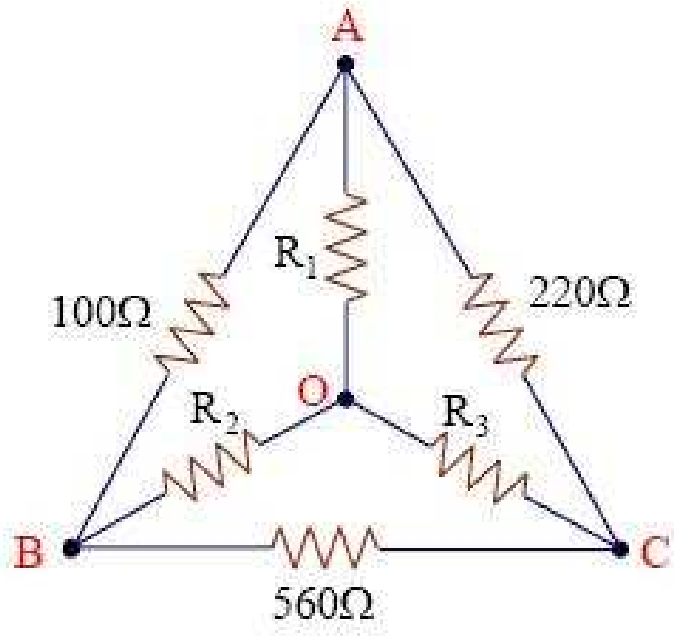
مثال-:

!Error

حوّل التوصيلة Δ المبينة بشكل رقم (٧ -٢٤) إلى التوصيلة Y المكافئة.



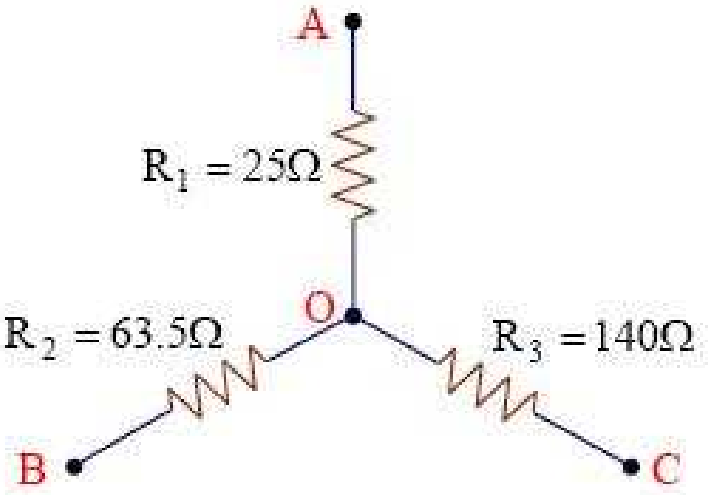
والحل-:



$$R_1 = \frac{100 * 220}{100 + 220 + 560} = 25\Omega$$

$$R_2 = \frac{100 * 560}{100 + 220 + 560} = 63.6\Omega$$

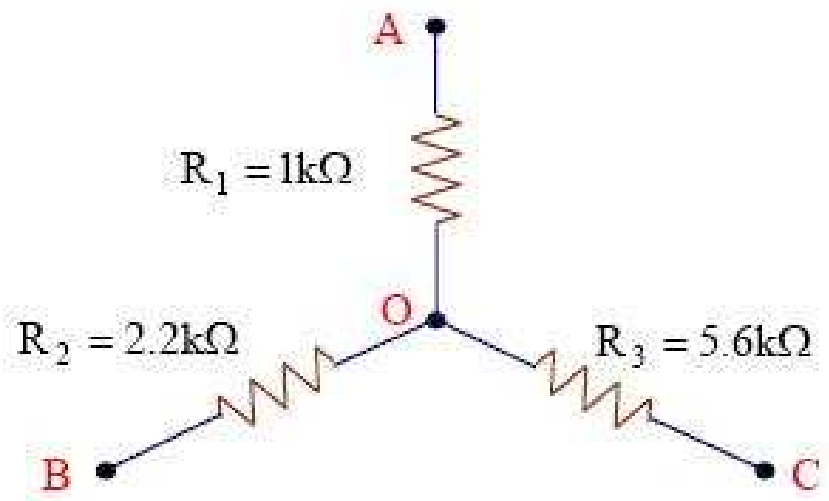
$$R_3 = \frac{220 * 560}{100 + 220 + 560} = 140\Omega$$



ومثال اخر-:

Error!

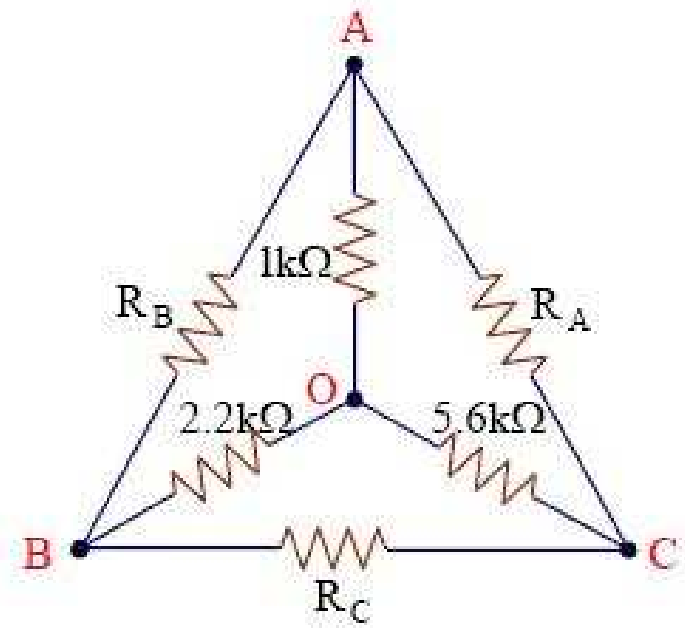
حوّل من التوصيلة $Y \leftarrow \Delta$ للدائرة المبينة بشكل رقم (٧ -٢٧).



والحل-:

Error!

نرسم التوصيلة Δ مركبة على التوصيلة Y ، كما في شكل رقم (٧ -٢٨)، حتى يسهل تطبيق قاعدة التحويل من Y ← Δ.



شكل رقم (٧ -٢٨) توصيلة النجمة داخل توصيلة الدلتا للمثال رقم (٧ -١٢).

المقاومة في حالة Δ = مجموع المقاومتين التي تكوّن معها مثلث في التوصيلة Y + حاصل ضرب المقاومتين في Y مقسومة على الثالثة لهما.

$$R_A = 1 + 5.6 + \frac{1*5.6}{2.2} = 9.15K\Omega$$

$$R_B = 1 + 2.2 + \frac{1*2.2}{5.6} = 3.59K\Omega$$

$$R_C = 2.2 + 5.6 + \frac{2.2*5.6}{1} = 20.12K\Omega$$

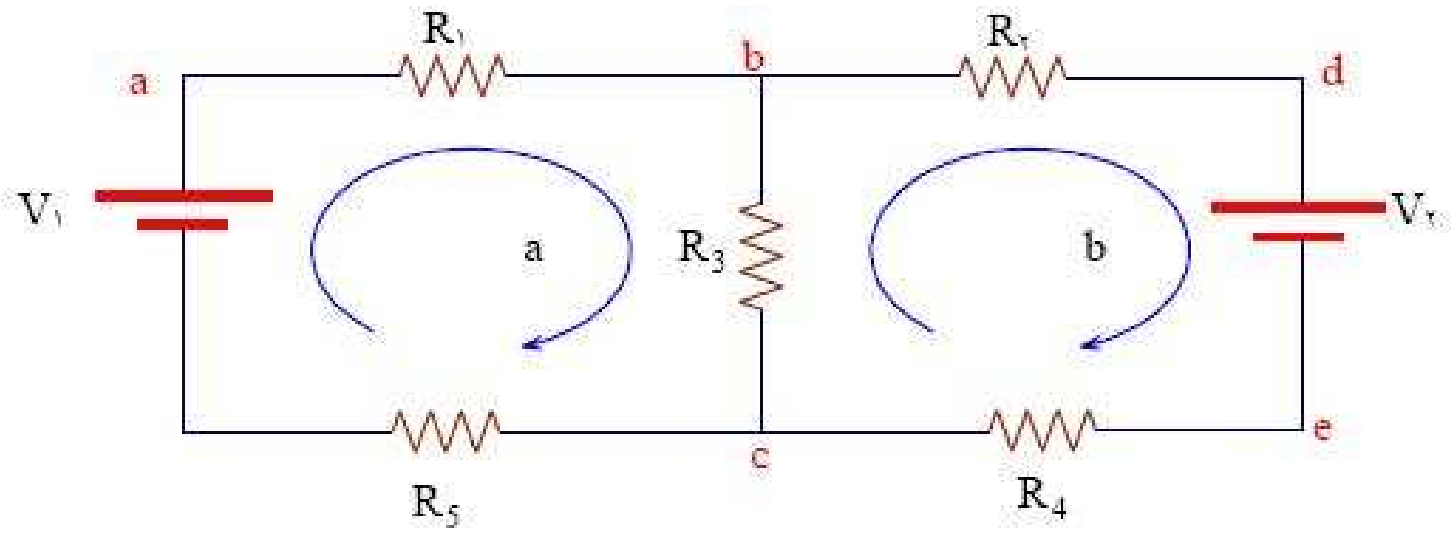
تحليل الدوائر عن طريق تكوين معادلات التيار في المسارات المغلقه (الحلقه المغلقه)-:

عند دراستنا للنظريات السابقه وجدنا انها قابله للتطبيق لمعرفة كل من التيار والجهد عند جزء من الدائرة أو لعنصر واقع بين نقطتين مثلا. لذلك فان هذه النظريات صالحه فقط لهذا الغرض .واذا أردنا ايجاد جميع التيارات الكهربيه في جميع العناصر وهذا يتطلب تكرار تطبيق تلك النظريات عند كل عنصر في الدائرة مما يأخذ وقتا كبيرا لهذا هناك طرق اخري يمكن عن طريقها تحليل الدائرة الكهربيه تحليلا كافيا لمعرفة التيار وفرق الجهد علي كل عنصر من عناصر الدائرة من هذه الطرق طريقة

تكوين معادلات التيار لكل مسار مغلق من المسارات التي تشملها الدائرة وسنوضح ذلك في الجزء التالي بإذن الله.

وتعرف كلمة مسار مغلق Mesh تعني المسار الذي لا يحتوي علي مسار اخر داخله وكمثال علي ذلك الدائرة المبينه ويطلق علي كل من المسارات مساراتa,b مغلقه

!Error



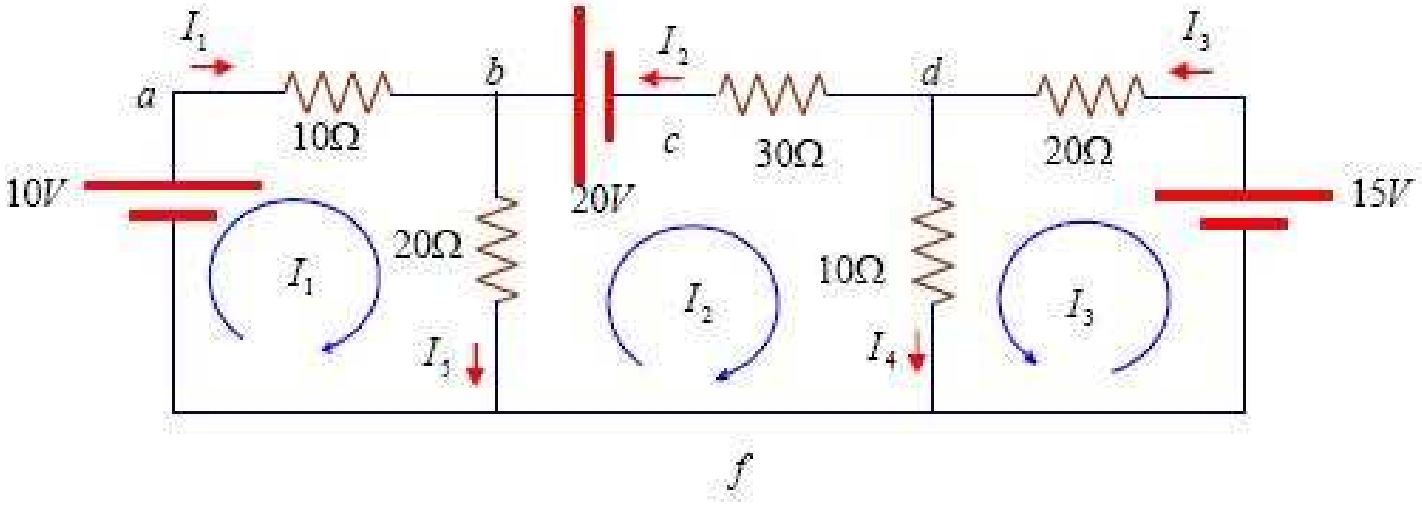
خطوات طريقة التحليل باستخدام المسارات المغلقه-:

•رسم الدائرة وتقسيمها الي عدة مسارات مغلقه وهو ما يطلق عليها Mesh
•تحديد المسارات وتطبيق قوانين كيرشوف للتيار وكتابة معادلات التيار.
•تطبيق قوانين كيرشوف للجهد وكتابة المعادلات التي تحقق قانون الجهد.
•تكوين عدد من المعادلات الرياضيه الناتجه من عدد المسارات المغلقه.
•عدد المعادلات الرياضيه = عدد المسارات المغلقه.
•يتم حل هذه المعادلات آنيا أو بواسطة المحددات أو المصفوفات.

مثال-:

!Error

استخدم طريقة تكوين معادلات التيارات في المسارات المغلقة لإيجاد جميع التيارات في عناصر الدائرة في الشكل رقم (٧ -٤٤).



والحل-:

!Error

الحل: بداية يتم تقسيم الدائرة إلى ثلاث مسارات مغلقة وعند فرض اتجاه التيار يراعى أن يكون اتجاهه في اتجاه عقارب الساعة، ثم يطبق قانون كيرشوف للجهد.

في الدائرة أيضا بعد فرض التيارات نجد أن هناك ثلاثة مسارات مما يعني أن هناك ثلاثة تيارات مجهولة هي I_1 ، I_2 ، I_3 في حين أن في الدائرة خمس تيارات هي I_1 ، I_2 ، I_3 ، I_4 ، I_5.

لذلك سوف نعوض كل من I_4 ، I_5 بدلالة بقية التيارات فنجد عند العقدة (b)

$$I_5 = I_1 - I_2 \qquad (a)$$

$$I_4 = I_2 - I_3 \qquad (b)$$

وبذلك نجد أن المجاهيل الأصلية هي I_1 ، I_2 ، I_3 والتي سوف يتحدد عليها كتابة معادلات المسارات الثلاثة.

وفي الدائرة كما هو موضح أن اتجاه كل تيار يتوقف على اتجاه التيار الخارج من مصدر التغذية وعند كتابة معادلات التيار لكل مسار نحقق قانون كيرشوف للجهد.

الخطوة الأولى: نطبق قانون كيرشوف على المسار الأول (١) Mesh

$$10 = 10I_1 + 20I_5 \qquad (c)$$

!Error

وحيث أن I_5 من معادلة (a) يساوي $I_1 + I_2$

∴ يمكن بالتعويض عن I_5 بدلالة I_1 ، I_2

$$\therefore 10 = 10I_1 + 20I_1 - 20I_2$$

$$10 = 30I_1 - 20I_2 \qquad (d)$$

معادلة (d) تمثل أول معادلة رئيسية.

الخطوة الثانية: نطبق كيرشوف للجهد على المسار الثاني (٢) Mesh

$$20 = 30I_2 + 20I_5 - 10I_4 \qquad (e)$$

بعد التعويض عن كل من I_4 ، I_5 نجد أنه يمكن إعادة كتابة معادلة (e) كما يلي:

$$20 = -30I_2 + 20(I_1 - I_2) - 10(I_2 - I_3)$$

$$20 = -30I_2 + 20I_1 - 20I_2 - 10I_2 + 10I_3$$

$$20 = 20I_1 - 60I_2 + 10I_3 \qquad (f)$$

!Error

خطوة الثالثة: نطبق كيرشوف للجهد في المسار الثالث (٣) Mesh

$$15 = -20I_3 + 10I_4 \qquad (g)$$

ثم بالتعويض عن I_4 من معادلة (b) ينتج:

$$15 = -20I_3 + 10(I_2 - I_3)$$

$$15 = -20I_3 + 10I_2 - 10I_3$$

$$15 = -30I_3 + 10I_2 \qquad (h)$$

أصبح لدينا الآن ثلاث معادلات رئيسية هي (d)، (f)، (h) لثلاثة مجاهيل هي I_1 ، I_2 ، I_3 والمعادلات الثلاث يمكن كتابتها بالترتيب على الشكل التالي:

$$10 = 30I_1 - 20I_2 - (0)I_3 \qquad (I)$$

$$-20 = -20I_1 + 60I_2 - 10I_3 \qquad (II)$$

$$-15 = (0)I_1 - 10I_2 + 30I_3 \qquad (III)$$

يمكن وضع المعادلات الثلاث (III, II, I) على شكل مصفوفة كما يلي:

!Error

$$\begin{bmatrix} 10 \\ -20 \\ -15 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +30 & -20 & -0 \\ -20 & +60 & -10 \\ -0 & -10 & 30 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} \qquad \text{(IV)}$$

وشكل المصفوفة المعطى في معادلة (IV) يكون على شكل قانون أوم وهو:

$$[V] = [R] \cdot [I] \qquad (١٥- ٧)$$

- المصفوفة [I] ، وهي مصفوفة التيارات ونلاحظ أنها كلها موجبة وهي التيارات المفروضة.

- المصفوفة [V] : هي مصفوفة مصادر الجهد لكل المسارات(١) Mesh ، (٢) Mesh ، (٣) Mesh ونلاحظ أن إشاراتها بالسلب والإيجاب طبقاً لاتجاهات التيارات المفروضة، أي تكون موجبة إذا كانت في اتجاه التيار وتكون سالبة إذا كانت في عكس اتجاه التيار المفروض.

- المصفوفة [R] : هي مصفوفة المقاومات الكلية للدائرة ويمكن وضع عناصر هذه المصفوفة كما يلي:

$$[R] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} \qquad (١٦- ٨)$$

!Error

حيث عناصر القطر الرئيسي وهي R_{11} ، R_{22} ، R_{33} وهذه العناصر فقط هي العناصر الموجبة في المصفوفة، حيث:

R_{11} تعني مجموع المقاومات الموجودة في (١) Mesh.

R_{22} تعني مجموع المقاومات الموجودة في (٢) Mesh.

R_{33} تعني مجموع المقاومات الموجودة في (٣) Mesh.

أما العناصر الأخرى في المصفوفة وهي عناصر مشتركة بين كل مسارين فمثلا العنصر R_{12} تعني المقاومة المشتركة بين (١) Mesh ، (٢) Mesh. والعنصر R_{23} يعني المقاومة المشتركة بين المسار (٢) Mesh، المسار(٣) Mesh وهكذا ، ويلاحظ أن جميع العناصر الخارجة عن القطر تكون سالبة.

وبما أن ليس هناك مقاومة مشتركة بين المسار (١) Mesh والمسار (٣) Mesh فلهذا وضعنا القيمة صفراً للعنصر R_{13} لأنة بالفعل ليس هنالك مقاومة مشتركة بين المسارين.

والآن يوجد ثلاث معادلات يمكن حلهم آنيا او بالمصفوفات او بالمحددات.

!Error

الخلاصة "Summary"

(١) قانون كيرشوف للتيار KCL يؤكد أن المجموع الجبري للتيارات عند أي عقدة يساوي صفراً.

(٢) قانون كيرشوف للجهد KVL ينص على أن المجموع الجبري للجهود حول أي مسار مغلق يساوي صفراً.

(٣) عند كل عقدة يطبق قانون كيرشوف للتيار ولكل حلقة مغلقة يطبق قانون كيرشوف للجهد.

(٤) المصفوفات طريقة مفيدة لحل المعادلات الخطية لعدد من المجاهيل.

(٥) نظرية التركيب تسمح بتحليل الدائرة المعقدة ذلك بتقسيمها إلى عدد من الدوائر البسيطة.

(٦) في حالة جعل مصدر الجهد يساوي صفراً في هذه الحالة نستبدله بمقاومته الداخلية وحيث أن مقاومته الداخلية تساوي صفراً لذلك يستبدل بدائرة قصر على مصدر الجهد، وكذلك في حالة جعل مصدر التيار يساوي صفر في هذه الحالة نستبدله بمقاومته الداخلية وحيث أن مقاومته الداخلية كبيرة يستعاض عنه بفتح الدائرة الكهربائية.

(٧) التيار الحقيقي في أي فرع من الدائرة هو عبارة عن المجموع الجبري للتيارات الناتجة عن كل مصدر على حدة عند استخدام نظرية التركيب.

(٨) دائرة تفنن هي دائرة مكافئة تهدف إلى إيجاد التيار في أحد أفرع الدائرة الأصلية وهي عبارة عن مصدر جهد V_{Th} على التوالي مع مقاومة R_{Th} وتتعامل مع هذا الفرع كأنه خرج الدائرة.

الباب الثامن

مبادئ وأسس التيار المتردد

سوف نستعرض في هذا الباب دراسة مبادئ وأسس التيار المتردد علي شكل الموجه الجيبيه وخواصها وكيفية تحليلها رياضيا وتمثيلها بالرسم عن طريق المتجهات.

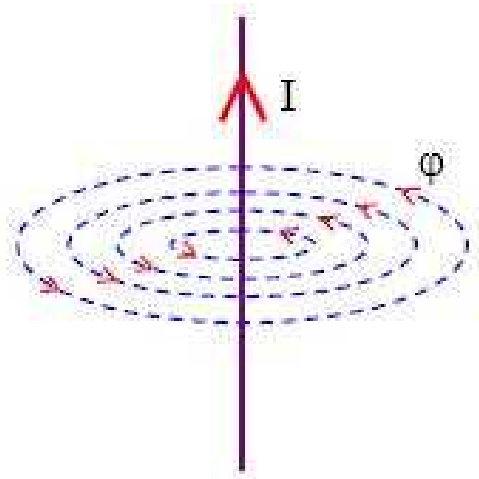
ولذلك لابد في البدايه من دراسه سريعه للتأثيرات المغناطيسيه المصاحبه للتيار الكهربي والتي هي السبب الرئيسي لتوليد التيار المتردد.

التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى-:

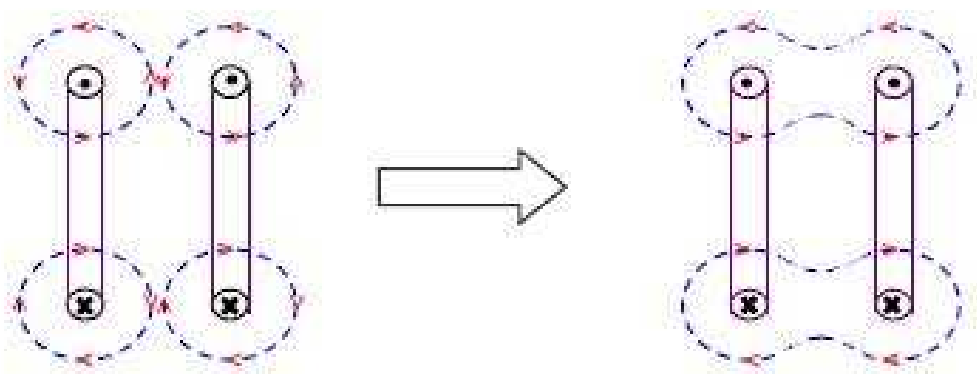
•توليد وتركيز المجال المغناطيسي-:

من المعروف انه اذا مر تيار كهربي في موصل ما فان مرور التيار الكهربي يسبب نشوء مجال مغناطيسي Magnetic Field حول هذا

الموصل علي هيئة دوائر تسمي خطوط القوي المغناطيسيه (أو الفيض المغناطيسي) ويرمزله بالرمز Φ ويكون الموصل في مركز هذه الدوائر كما مبين بالشكل:



وخطوط القوي المغناطيسيه يكون لها باتجاه سريان التيار الكهربي وتربطهما قاعدة البريمه لليد اليمني حيث يتم فتح اليد اليمني بحيث يكون اتجاه اصبع الابهام عموديا علي اتجاه باقي الاصابع واذا اعتبر التيار في اتجاه اصبع الابهام يكون اتجاه خطوط القوي المغناطيسيه في اتجاه دوران باقي الاصابع .ولتركيز المجال المغناطيسي يتم لف هذا الموصل علي هيئة ملف ولدراسة هذا المجال تخيل اخذ مقطع رأسي في هذا الملف فيظهر بالصورة المبينه:



!Error

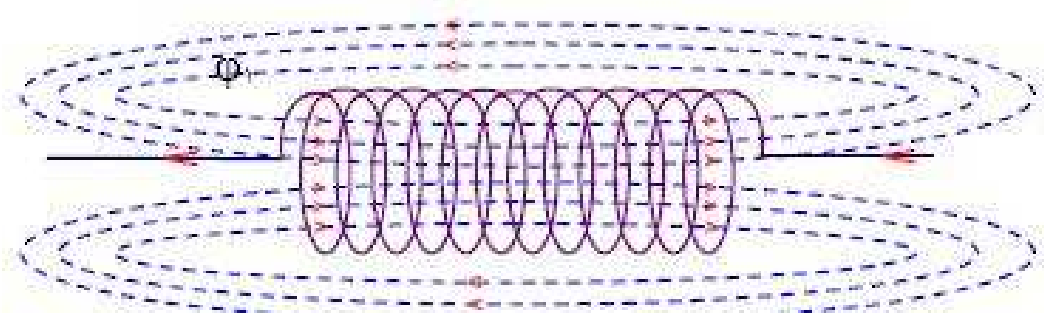
ويلاحظ الاتي:

(١) عند المقاطع يكون التيار إما داخلاً أو خارجاً من المقطع ويرمز لدخول التيار إلى سطح الورقة بعلامة (×) ويرمز لخروج التيار بالرمز (•) ، وبتطبيق قاعدة البريمة لليد اليمنى عند المقاطع (حيث خطوط القوى المغناطيسية على هيئة دوائر) ، يكون اتجاه خطوط القوى المغناطيسية كما هو مبين بالشكل رقم (٢ -٢).

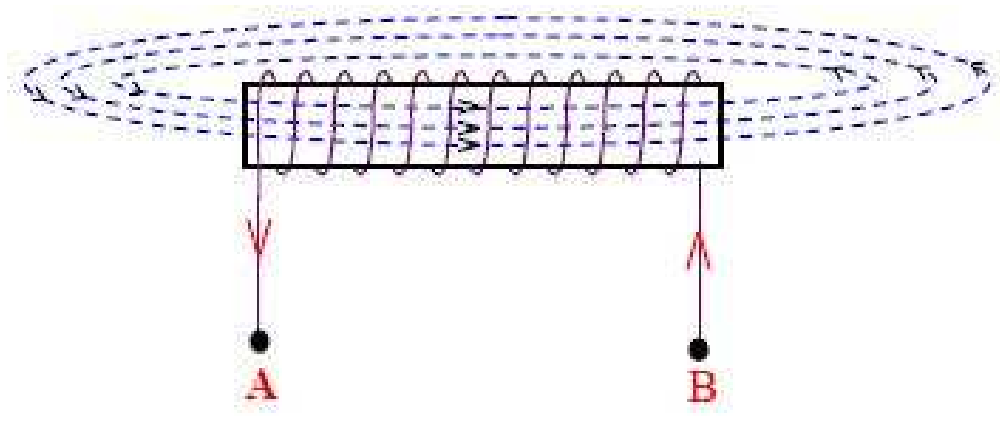
(٢) في المنتصف ما بين اللفة والأخرى التالية لها ، تكون خطوط القوى في اتجاهات متعاكسة، وبالتالي تلغي بعضها تأثير بعض، وكلما ابتعدنا عن منتصف المسافة بين اللفتين، كلما اختلفت قيمة المجال الناشئ من كل لفة، وكلما تواجدت قيمة محصلة للمجال.

(٣) في مركز الملف يكون اتجاه خطوط القوى المغناطيسية في اتجاه واحد وبالتالي تجمع خطوط القوى المغناطيسية، وبهذا يتم تركيزها.

(٤) يلاحظ أن خطوط القوى المغناطيسية خارج الملف تكون متواصلة كما هو مبين بشكل رقم (٢ - ٢).



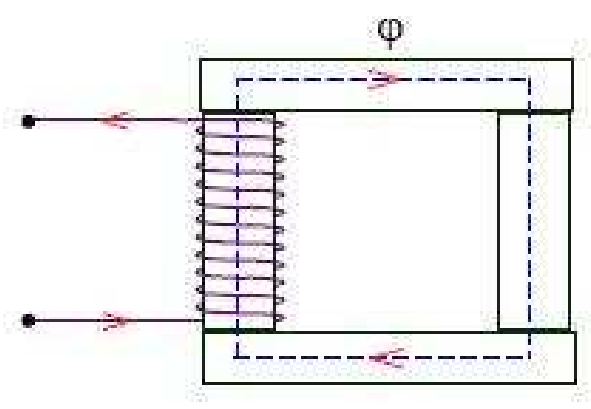
ولأن خطوط القوي المغناطيسيه Φ تكون علي هيئة مسارات مغلقه فان هذه الخطوط او هذه المسارات تسير في وسط ما ، وفي الحاله التي امامنا فان خطوط القوي المغناطيسيه تسير في الهواء، واذا تخيلنا الأن أن هذا الملف ملفوف حول قطعه من الحديد (قلب حديدي) فان خطوط القوي المغناطيسيه ستأخذ مسارا لها في داخل قطعة الحديد وتكمل بعد ذلك مسارها في الهواء خارج الحديد.



ولأن المواد الحديديه لها خواص مغناطيسيه فان مقاومتها لمرور خطوط القوي المغناطيسيه تلاقي في مسارها في هذه الحاله مقاومه كليه اقل من

الحاله الاولي حيث ان المسار في الحاله الاولي يكون كله في الهواء ذي المقاومه المرتفعه نسبيا لمرور المجال المغناطيسي في حين الحاله الثانيه تحتل مقاومة الحديد جزءا من المسار الذي كان يشغله الهواء في الحاله السابقه وبالتالي نتوقع ان قيمة Φ في الحاله الثانيه اكبر منها في الحاله الاولي بالرغم من عدم تغير قيمة التيار الكهربي.

وللاستفاده من هذه الخاصيه الهامه في الحديد يمكن ايضا زيادة حجم الحديد في مسار خطوط القوي المغناطيسيه حتي يكتمل المسار كما في الشكل:



ولذلك فان : ٣ Φ›2Φ›1Φ

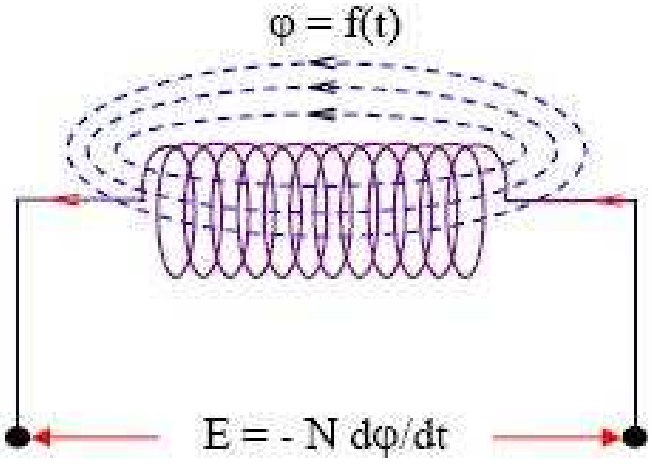
وبهذا المبدأ يمكن تركيز المجال المغناطيسي داخل القلب الحديدي وهذا هو بداية الطريق لشرح نظرية عمل المولد الكهربي لشرح كيفية توليد التيار المتردد ولنبدأبقانون فاراداي.

يتـــــــــبع باذن الله

قانون فاراداي-:

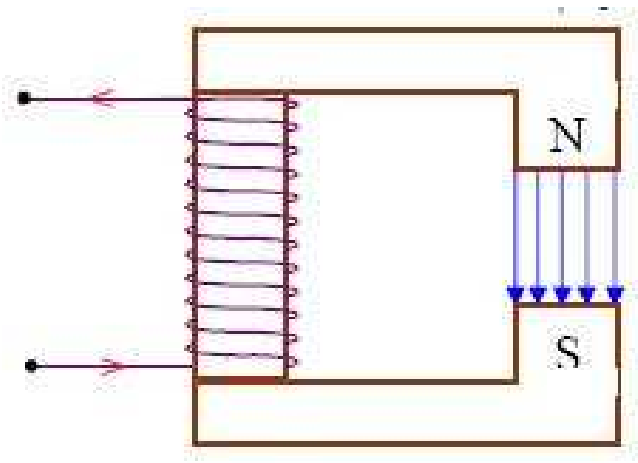
ينص قانون فاراداي علي أنه اذا تعرض ملف ما ذو عدد لفات N لمجال مغناطيسي أو خطوط قوي مغناطيسيه متغيرة مع الزمن تتولد قوة دافعه كهربيه) E جهد كهربي) بين طرفي هذا الملف. تتناسب مع معدل تغير المجال المغناطيسي مع الزمن وتساوي عدد اللفات N مضروبا في معدل تغير خطوط القوي المغناطيسيه بالنسبه للزمن وذلك باشارة سالبه:

$$E = -N \, d\Phi/dt$$



نظرية عمل المولد الكهربى-:

اذا تخيلنا قلب حديد غيرمغلق تماما وأنه توجد ثغرة هوائيه في مسار خطوط القوي المغناطيسيه. فان خطوط القوي المغناطيسيه تمر الآن في القلب الحديدي وتكمل مسارها في الهواء ويكون المجال المغناطيسي مركزا في هذه الثغرة الهوائيه وهو ما يعرف بالمغناطيس. حيث له قطب شمالي تخرج منه الخطوط المغناطيسيه وقطب جنوبي تدخل اليه الخطوط كما هو مبين-:



في هذه الثغرة يمكن استغلال هذا المجال المغناطيسي بطريقه اخري وهي:
اذا تحرك اي موصل في هذه الثغرة الهوائيه قاطعا خطوط القوي المغناطيسيه تتولد بين اطرافه ق.د.ك تبعا لقانون فاراداي:

$$E= -N \, d\Phi/dt$$

اذا فرضنا ان كثافة خطوط القوي المغناطيسيه قيمه ثابته:B

$$\Phi/A=B$$

اذن

$$\Phi=BA$$

$$d\Phi=BdA$$

فاذا تحرك موصل طوله ℓ في المجال المغناطيسي قاطعا خطوط القوي المغناطيسي Φ تتولد بين اطرافه ق.د.ك E يمكن حسابها كالاتي: اذا تحرك موصل حركه صغيرة لمسافه صغيرة dX فان خطوط القوي المغناطيسيه التي يقطعها الموصل في حركته $d\Phi$=حيث:

$$d\Phi=BdA$$

$$dA=\ell dX$$

وتبعا لقانون فاراداي وبما ان $N=1$ اذن:

$$|E|=B\ell dX/dt=B\ell v$$

حيث ان :

B: كثافة خطوط القوي المغناطيسيه

ℓ: طول الموصل

v: السرعه الخطيه لحركة الموصل العموديه علي اتجاه المجال المغناطيسي

وحيث ان القوة الدافعه الكهربيه E لها اتجاه فان هذا الاتجاه له علاقه باتجاه كل من v,Φ :وتحدد العلاقه بين هذه الاتجاهات الثلاثه عن طريق قاعدة فلمنج لليد اليسري حيث تقول:

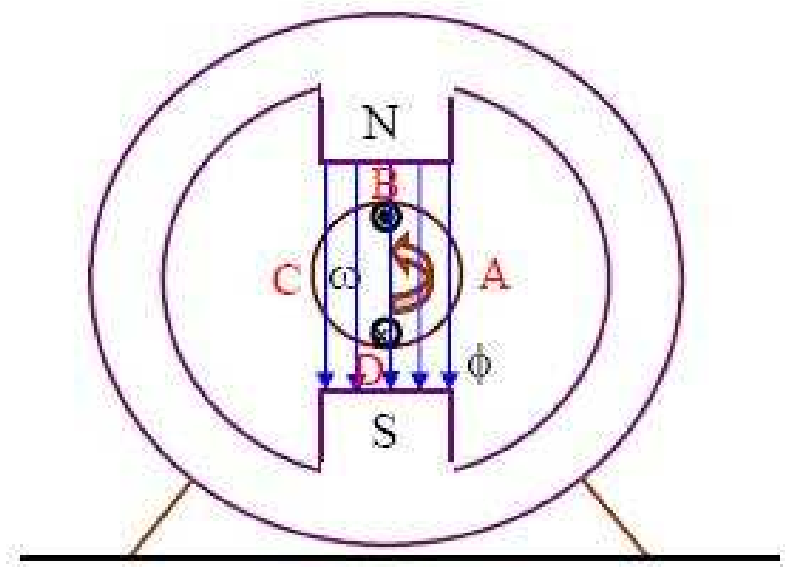
اذا وضع الثلاثه اصابع لليد اليسري الابهام والسبابه والوسطي في ثلاث اتجاهات متعامده علي بعضها فان اتجاه المجال يكون في اتجاه الاصبع الوسطي واتجاه الحركه في اتجاه اصبع الابهام واتجاه التيار في اتجاه السبابه.

يتبع باذن الله

توليد الموجه الجيبيه

لو تخيلنا الآن ان الموصل يتحرك حركه دوارة في المجال المغناطيسي أي انه يتبادل موقعه ما بين القطبين الشمالي والجنوبي باستمرار كما هو

مبين بالشكل وبتطبيق قاعدة فلمنج نجد ان القوة الدافعه الكهربيه وكذلك التيار بهذا التبادل الحركي للموصل تحت الاقطاب المختلفه تتغير ايضا انجاهاتها (اشارتها) وهذا هو ما يسمس بالتيار المتردد.



فاذا تخيلنا هذا الموصل بأنه بدأ يتحرك حركه دواره ليأخذ الاوضاعA ثم Bثم C ثم D ثم A وسوف نلاحظ الآتي:

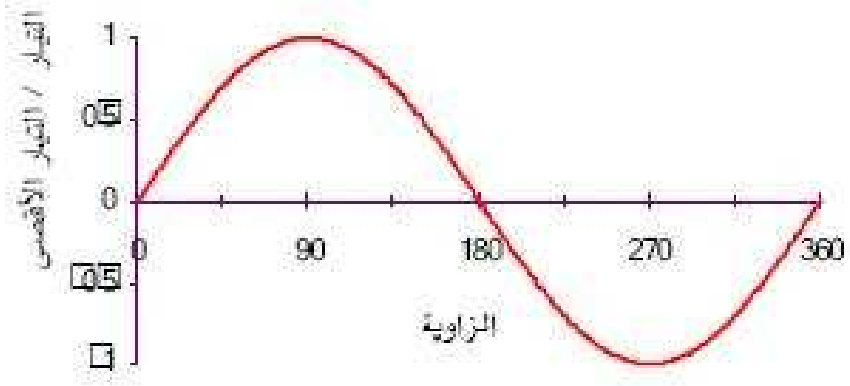
1-عند النقطه A يتحرك الموصل حركه موازيه للمجال المغناطيسي فلا يقطعه ولا ينتج عن ذلك توليد اي ق.د.ك.

2-عند النقطه B يتحرك الموصل حركه عموديه تماما علي المجال المغناطيسي فيتولد بين اطرافه ق.د.ك بقيمه عظمي ويكون اتجاهها (وبالتالي التيار الكهربي) في الاتجاه الخارج من الموصل.

3-عند النقطه C يتحرك الموصل ثانيه موازيا للمجال المغناطيسي فلا تتولد اي ق.د.ك.

4-عند النقطه D يتحرك الموصل حركه عموديه تماما علي المجال المغناطيسي فيتولد بين اطرافه ق.د.ك بقيمه عظمي ويكون اتجاهها في الاتجاه الداخل الي الموصل.

واذا رسمنا العلاقه بين الزاويه التي قطعها الموصل من الوضع الابتدائي حتي اكمل دورته الكامله وبين قيمة التيار المتولد فيه لوجدنا هذه العلاقه علي شكل منحني الموجه الجيبيه كما في الشكل:



التحليل الرياضي للموجه الجيبيه-:

لاجراء التحليل الرياضى للموجه سوف نتناول بعض التعريفات والعلاقات الهامه المتعلقه بالحركه الدواره للموصل في المجال المغناطيسي

!Error

السرعة الخطية (V): هي المسافة الطولية التي يقطعها الموصل في الثانية الواحدة.

السرعة الزاوية (ω): هي الزوايا النصف قطرية التي يقطعها الموصل في الثانية الواحدة، وتقاس الزاوية نصف القطرية بوحدة تسمى راديان radians

التردد (f): هو عدد الدورات الكاملة التي يقطعها الموصل في الثانية الواحدة.

عند قطع الموصل لدوره كامله فان المسافه d التي يقطعها تكون عبارة عن طول محيط الدائرة التي قطرها D أي:

$$D=2\Pi D/2$$

وتكون الزوايا نصف القطريه المقطوعه θ هي:

$$=(2\Pi D/2)/(D/2)=2\Pi\theta$$

وبالتالي اذا قطع الموصل في الثانيه الواحده عدد f من الدورات يكون قطع مسافه طوليه مقدارها V حيث:

$$V=(2\Pi D/2)*f$$

ويكون قطع عدد زوايا نصف قطريه مقدارها ω حيث:

$$\omega=2\Pi f$$

وبالتالي تكون العلاقه بين V,ω كالتالي:

$$V=\omega(D/2)$$

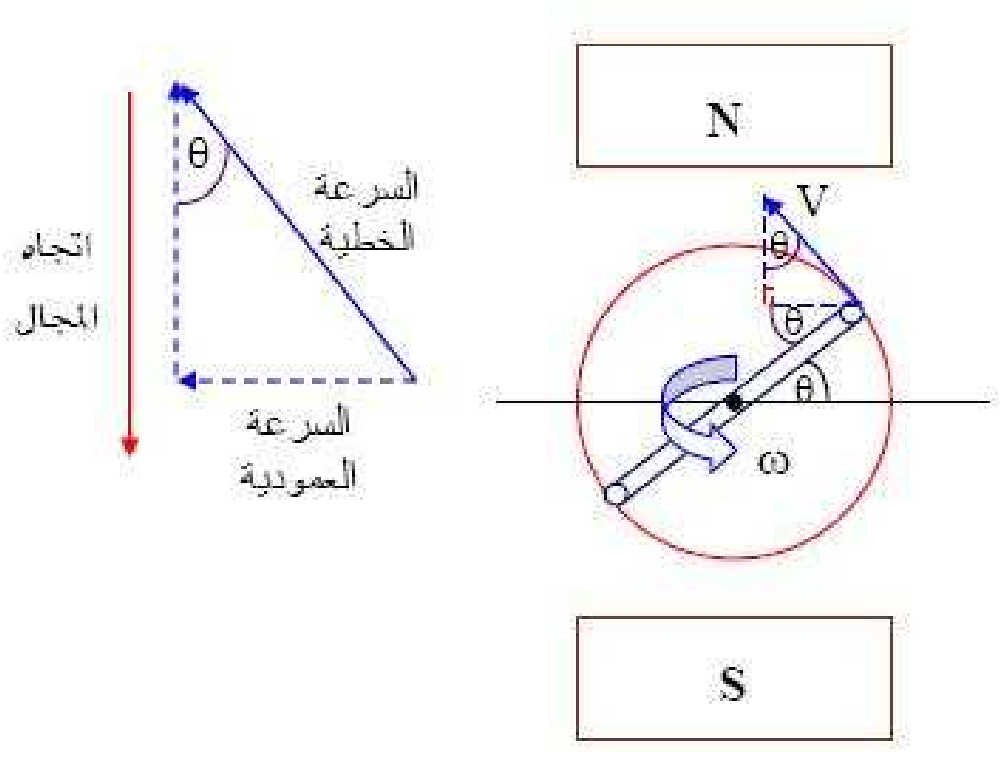
وفي خلال زمن t يكون الموصل قد قطع مسافه طوليه قدرها

$$D=V*t$$

ويكون قد قطع زاويه نصف قطريه قدرها

$$\Theta=\omega.t$$

لنتخيل الآن ان الموصل تحرك من نقطة الصفر ووصل الي وضع عام حيث قطع زاويه مقدارها θ حيث يفترض انه يتحرك بسرعه خطيه ثابته Vكما هو مبين بالشكل:



$$V \sin\theta=\upsilon$$

حيث υ هي السرعه العموديه علي خطوط القوي المغناطيسيه Φ وبالتالي فان:

$$E=B\ell v=B\ell V\sin\theta=B\ell V\sin(\omega t)$$

ملاحظة أخيرة

ولحساب توصيلة النجمة المكافئة لتوصيلة الدلتا: كل مقاومة في حالة Y = حاصل ضرب المقاومتين المتجاورتين في Δ مقسوما على مجموع المقاومات الثلاثة في Δ . و بالتالي ينتج أن:

$$R_1 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} \qquad (٧-٩)$$

يوجد خطاء هنا

$$R_2 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} \qquad (٧-١٠)$$

$$R_3 = \frac{R_C R_A}{R_A + R_B + R_C} \qquad (٧-١١)$$

RaRB

يوجد خطاء هنا